ipcc

ZWISCHENSTAATLICHER AUSSCHUSS FÜR Klimaänderungen

1,5 °C GLOBALE ERWÄRMUNG

Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

WG I WG II WG III

WMO UNEP

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

1,5 °C globale Erwärmung

Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Herausgegeben von

Valérie Masson-Delmotte
Ko-Vorsitzende von
Arbeitsgruppe I

Panmao Zhai
Ko-Vorsitzender von
Arbeitsgruppe I

Hans-Otto Pörtner
Ko-Vorsitzender von
Arbeitsgruppe II

Debra Roberts
Ko-Vorsitzende von
Arbeitsgruppe II

Jim Skea
Ko-Vorsitzender von
Arbeitsgruppe III

Priyadarshi R. Shukla
Ko-Vorsitzender von
Arbeitsgruppe III

Anna Pirani
Leiterin der WGI-Geschäftsstelle

Wilfran Moufouma-Okia
Wissenschaftlicher Leiter

Clotilde Péan
Organisatorische Leiterin

Roz Pidcock
Kommunikationsleiterin

Sarah Connors
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin

J. B. Robin Matthews
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter

Yang Chen
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter

Xiao Zhou
Wissenschaftlicher
Assistent

Melissa I. Gomis
Grafik-Verantwortliche

Elisabeth Lonnoy
Projektassistentin

Tom Maycock
Wissenschaftsredakteur

Melinda Tignor
Leiterin der WGII-
Geschäftsstelle

Tim Waterfield
IT-Verantwortlicher

Geschäftsstelle von Arbeitsgruppe I

Englisches Original

© 2018 Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla,A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Herausgegeben von: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, WMO/UNEP)

Die englische Originalversion dieses Dokuments ist in elektronischer Form auf der IPCC-Webseite unter http://ipcc.ch/report/sr15/ erhältlich.

Umschlagdesign: Nigel Hawtin
Titelbild: *Time to Choose* von Alisa Singer - www.environmentalgraphiti.org - © Intergovernmental Panel on Climate Change.
Das Kunstwerk ist durch eine Abbildung aus der SPM (Abbildung SPM.1) inspiriert.

Deutsche Übersetzung

Die vorliegende Übersetzung ist keine offizielle Übersetzung durch den IPCC. Sie wurde erstellt mit dem Ziel, die im Originaltext verwendete Sprache möglichst angemessen wiederzugeben.

Herausgeber: Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, DLR Projektträger
www.de-ipcc.de, de-ipcc@dlr.de



Umweltbundesamt GmbH
www.umweltbundesamt.at, publikationen@umweltbundesamt.at



ProClim, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz.
www.proclim.ch, proclim@scnat.ch



Übersetzung: A.C.T. Fachübersetzungen GmbH unter Mitarbeit von Carola Best, Paul Bowyer, Sabine Fuss, Gerrit Hansen, Daniela Jacob, Elmar Kriegler, Katja Mintenbeck, Urs Neu, Maike Nikolai, Juliane Petersen, Jan Petzold, Hans-Otto Pörtner, Klaus Radunsky, Nora Weyer

Layout: CD Werbeagentur GmbH

Mitfinanzierung: Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Deutsches Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
Schweizerisches Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BAFU)
Österreichisches Umweltbundesamt

Bezugsquellen für Übersetzungen:

Diese Übersetzung kann von den Webseiten www.de-ipcc.de, www.proclim.ch und www.umweltbundesamt.at als PDF-Datei heruntergeladen werden.

Kostenfreie Druckexemplare sind erhältlich bei der Deutschen IPCC-Koordinierungsstelle, DLR Projektträger „Umwelt und Nachhaltigkeit“, Heinrich-Konen-Str. 1, 53227 Bonn, Tel: +49 228 3821 1554; E-Mail: de-ipcc@dlr.de, www.de-ipcc.de

Als Gremium der Vereinten Nationen veröffentlicht der IPCC seine Berichte in den sechs offiziellen UN-Sprachen (Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch, Spanisch). Versionen in diesen Sprachen werden auf www.ipcc.ch zum Herunterladen zur Verfügung gestellt. Weitere Informationen erteilt das IPCC-Sekretariat (Adresse: 7bis Avenue de la Paix, C.P. 2300, 1211 Geneva 2, Schweiz; E-Mail: ipcc-sec@wmo.int).

ISBN: 978-3-89100-051-9

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

SPM

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Autoren des Entwurfs:

Myles Allen (Vereinigtes Königreich), Mustafa Babiker (Sudan), Yang Chen (China), Heleen de Coninck (Niederlande/EU), Sarah Connors (Vereinigtes Königreich), Renee van Diemen (Niederlande), Opha Pauline Dube (Botswana), Kristie L. Ebi (USA), Francois Engelbrecht (Südafrika), Marion Ferrat (Vereinigtes Königreich/Frankreich), James Ford (Vereinigtes Königreich/Kanada), Piers Forster (Vereinigtes Königreich), Sabine Fuss (Deutschland), Tania Guillén Bolaños (Deutschland/Nicaragua), Jordan Harold (Vereinigtes Königreich), Ove Hoegh-Guldberg (Australien), Jean-Charles Hourcade (Frankreich), Daniel Huppmann (Österreich), Daniela Jacob (Deutschland), Kejun Jiang (China), Tom Gabriel Johansen (Norwegen), Mikiko Kainuma (Japan), Kiane de Kleijne (Niederlande/EU), Elmar Kriegler (Deutschland), Debora Ley (Guatemala/Mexiko), Diana Liverman (USA), Nathalie Mahowald (USA), Valérie Masson-Delmotte (Frankreich), J. B. Robin Matthews (Vereinigtes Königreich), Richard Millar (Vereinigtes Königreich), Katja Mintenbeck (Deutschland), Angela Morelli (Norwegen/Italien), Wilfran Moufouma-Okia (Frankreich/Kongo), Luis Mundaca (Schweden/Chile), Maike Nicolai (Deutschland), Chukwumerije Okereke (Vereinigtes Königreich/Nigeria), Minal Pathak (Indien), Anthony Payne (Vereinigtes Königreich), Roz Pidcock (Vereinigtes Königreich), Anna Pirani (Italien), Elvira Poloczanska (Vereinigtes Königreich/Australien), Hans-Otto Pörtner (Deutschland), Aromar Revi (Indien), Keywan Riahi (Österreich), Debra C. Roberts (Südafrika), Joeri Rogelj (Österreich/Belgien), Joyashree Roy (Indien), Sonia I. Seneviratne (Schweiz), Priyadarshi R. Shukla (Indien), James Skea (Vereinigtes Königreich), Raphael Slade (Vereinigtes Königreich), Drew Shindell (USA), Chandni Singh (Indien), William Solecki (USA), Linda Steg (Niederlande), Michael Taylor (Jamaika), Petra Tschakert (Australien/Österreich), Henri Waisman (Frankreich), Rachel Warren (Vereinigtes Königreich), Panmao Zhai (China), Kirsten Zickfeld (Kanada).

Zitiervorschrift:

IPCC, 2018: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: *1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut.* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Hrsg.)]. World Meteorological Organization, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung auf Basis der Version vom 14.11.2018. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, ProClim/SCNAT, Österreichisches Umweltbundesamt, Bonn/Bern/Wien, November 2018.

Danksagungen

Wir sind sehr dankbar für die Expertise, die Sorgfalt und das Engagement, das die freiwilligen Koordinierenden Leitautoren* und Leitautoren mit wichtiger Unterstützung durch die vielen beitragenden Autoren gezeigt haben, während sie in jedem Kapitel des Berichts über wissenschaftliche Disziplinen hinweg gearbeitet haben. Die Begutachtungseditoren spielten eine entscheidende Rolle, indem sie den Autorenteams zur Seite standen und die Integrität des Begutachtungsprozesses sicherstellten. Wir bedanken uns aufrichtig bei allen Fach- und Regierungsgutachtern. Besonderer Dank gilt den *Chapter Scientists*† dieses Berichts, die alle an sie gestellten Erwartungen weit übertroffen haben: Neville Ellis, Tania Guillén Bolaños, Daniel Huppmann, Kiane de Kleijne, Richard Millar und Chandni Singh.

Wir bedanken uns auch bei den drei stellvertretenden Vorsitzenden des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), Ko Barrett, Thelma Krug und Youba Sokona sowie den Vorstandsmitgliedern der Arbeitsgruppen WGI, WGII und WGIII für ihre Unterstützung, Anleitung und Umsicht während der Erstellung des Berichtes: Amjad Abdulla, Edvin Aldrian, Carlo Carraro, Diriba Korecha Dadi, Fatima Driouech, Andreas Fischlin, Gregory Flato, Jan Fuglestvedt, Mark Howden, Nagmeldin G. E. Mahmoud, Carlos Mendez, Joy Jacqueline Pereira, Ramón Pichs-Madruga, Andy Reisinger, Roberto Sánchez Rodríguez, Sergey Semenov, Muhammad I. Tariq, Diana Ürge-Vorsatz, Carolina Vera, Pius Yanda, Noureddine Yassaa und Taha Zatari.

Unser aufrichtiger Dank gilt den Gastgebern und Organisatoren des *Scoping Meetings* und der vier Leitautorentreffen für den Sonderbericht über 1,5°C. Mit großem Dank würdigen wir die Unterstützung der Gastgeberländer und -institutionen: Weltorganisation für Meteorologie (WMO), Schweiz; Ministerium für Auswärtige Angelegenheiten und Nationales Institut für Weltraumforschung (INPE), Brasilien; Met Office und die Universität Exeter, Vereinigtes Königreich; Schwedisches Meteorologisches und Hydrologisches Institut (SMHI), Schweden; Ministerium für Umweltschutz und Tourismus, Nationales Komitee für Klimawandel der Abteilung für Meteorologische Dienstleistungen und das Komitee für globalen Umweltwandel an der Universität von Botswana, Botswana sowie Korea Meteorological Administration (KMA) und die Metropole Incheon, Republik Korea. Die Unterstützung durch Regierungen und Institutionen wie auch die Zuwendungen an den IPCC-Treuhandfonds werden dankbar gewürdigt, da sie die Teilnahme der Autorenteams an der Erstellung des Berichts ermöglichten. Der effiziente Einsatz der Geschäftsstelle (*Technical Support Unit*) von Arbeitsgruppe I wurde durch die großzügige finanzielle Unterstützung seitens der französischen Regierung und die Unterstützung bei Verwaltung und Informationstechnologie durch die Universität Paris-Saclay (Frankreich), das Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) und das Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) ermöglicht. Wir bedanken uns beim norwegischen Umweltamt für die Unterstützung bei der Erstellung der Grafiken in der Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Wir danken der UNEP-Bibliothek, welche die Autoren während der Entwurfserstellung durch die Bereitstellung von Literatur für den Bericht unterstützt hat.

* Anmerkung des Übersetzers: Allein aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.

† Anmerkung des Übersetzers: Wissenschaftler, die in speziell dafür geschaffenen Anstellungen die Koordinierenden Leitautoren bei der Berichtserstellung unterstützten.

Wir bedanken uns außerdem bei Abdalah Mokssit, Sekretär des IPCC, sowie bei den Mitarbeitern des IPCC-Sekretariats: Kerstin Stendahl, Jonathan Lynn, Sophie Schlingemann, Judith Ewa, Mxolisi Shongwe, Jesbin Baidya, Werani Zabula, Nina Peeva, Joelle Fernandez, Annie Courtin, Laura Biagioni und Oksana Ekzarho. Dank gebührt Elhousseine Gouaini, der als Organisationsverantwortlicher der 48. Plenarsitzung des IPCC fungierte.

Schließlich möchten wir unsere besondere Wertschätzung für die Geschäftsstellen der Arbeitsgruppen zum Ausdruck bringen, deren unermüdliches Engagement, Professionalität und Enthusiasmus die Anfertigung des vorliegenden Sonderberichts leitete. Dieser Bericht hätte nicht erstellt werden können ohne die Einsatzbereitschaft der Mitglieder der Geschäftsstelle von Arbeitsgruppe I, die – alle neu im IPCC – sich der beispiellosen AR6-Herausforderung gestellt haben und in jeglicher Hinsicht für die Erstellung des Berichts unverzichtbar waren: Yang Chen, Sarah Connors, Melissa Gomis, Elisabeth Lonnoy, Robin Matthews, Wilfran Moufouma-Okia, Clotilde Péan, Roz Pidcock, Anna Pirani, Nicholas Reay, Tim Waterfield und Xiao Zhou. Unser herzlichster Dank gilt der kollegialen und kooperativen Unterstützung durch Marlies Craig, Andrew Okem, Jan Petzold, Melinda Tignor und Nora Weyer der Geschäftsstelle von WGII und Bhushan Kankal, Suvadip Neogi, Joana Portugal Pereira der Geschäftsstelle von WGIII. Besonderer Dank geht an Kenny Coventry, Harmen Gudde, Irene Lorenzoni und Stuart Jenkins für ihre Hilfe mit den Abbildungen in der Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, sowie an Nigel Hawtin für die grafische Zuarbeit für den Bericht. Darüber hinaus danken wir für folgende Beiträge: Jatinder Padda (Lektorat), Melissa Dawes (Lektorat), Marilyn Anderson (Index), Vincent Grégoire (Layout) und Sarah le Rouzic (Praktikantin).

Die Website für diesen Sonderbericht wurde von Habitat 7 entwickelt, geleitet von Jamie Herring, und der Inhalt des Berichts wurde von Nicholas Reay und Tim Waterfield für die Website aufgearbeitet. Wir sind der UN Foundation dankbar für die Unterstützung der Website-Entwicklung.

Inhalt

Danksagungen 4

Inhalt 7

A: Globale Erwärmung um 1,5 °C verstehen 8

B: Projizierte Klimaänderungen, mögliche Folgen und damit verbundene Risiken 11

C: Mit 1,5 °C globaler Erwärmung konsistente Emissionspfade und Systemübergänge 16

D: Stärkung der weltweiten Reaktion im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut 22

Einleitung

Dieser Bericht reagiert auf die Einladung an den IPCC, „...2018 einen Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade zur Verfügung zu stellen“, die Teil der Entscheidung der 21. Konferenz der Vertragsparteien der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen zum Klimawandel war, das Pariser Übereinkommen zu verabschieden.[1]

Der IPCC nahm die Einladung im April 2016 an und beschloss die Erstellung dieses Sonderberichts über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut.

Diese Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (*Summary for Policymakers,* SPM) legt die wichtigsten Ergebnisse („Schlüsselergebnisse“) des Sonderberichts dar, basierend auf der Bewertung der verfügbaren wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Literatur[2], die im Zusammenhang mit globaler Erwärmung um 1,5 °C und für den Vergleich zwischen globaler Erwärmung um 1,5 °C und 2 °C gegenüber vorindustriellem Niveau relevant ist. Das mit jedem Schlüsselergebnis verbundene Vertrauensniveau wird gemäß der IPCC-Sprachregelung angegeben[3]. Die zugrundeliegende wissenschaftliche Basis jedes Schlüsselergebnisses wird über die Verweise auf Kapitelabschnitte angegeben. In der SPM werden Wissenslücken im Zusammenhang mit den zugrundeliegenden Kapiteln des Berichts angegeben.

A. Globale Erwärmung um 1,5 °C verstehen[4]

A.1 Menschliche Aktivitäten haben etwa 1,0 °C globale Erwärmung[5] gegenüber vorindustriellem Niveau verursacht, mit einer *wahrscheinlichen* Bandbreite von 0,8 °C bis 1,2 °C. Die globale Erwärmung erreicht 1,5 °C *wahrscheinlich* zwischen 2030 und 2052, wenn sie mit der aktuellen Geschwindigkeit weiter zunimmt. (*hohes Vertrauen*) (Abbildung SPM.1) {1.2}

A.1.1 Den langfristigen Erwärmungstrend seit vorindustriellen Zeiten widerspiegelnd, lag die beobachtete mittlere globale Oberflächentemperatur in dem Jahrzehnt 2006–2015 um 0,87 °C (*wahrscheinlich* zwischen 0,75 °C und 0,99 °C)[6] höher als der Durchschnitt für den Zeitraum 1850–1900 (*sehr hohes Vertrauen*). Die geschätzte anthropogene globale Erwärmung stimmt mit dem Ausmaß der beobachteten Erwärmung innerhalb von ±20 % (*wahrscheinlicher Bereich*) überein. Die geschätzte anthropogene globale Erwärmung nimmt derzeit aufgrund von vergangenen und aktuellen Emissionen pro Jahrzehnt um 0,2 °C (*wahrscheinlich* zwischen 0,1 °C und 0,3 °C) zu (*hohes Vertrauen*). {1.2.1, Tabelle 1.1, 1.2.4}

---

[1] UNFCCC Entscheidung 1/CP21, Absatz 21

[2] Der Bericht bezieht sich auf Literatur, die bis 15. Mai 2018 zur Veröffentlichung akzeptiert war.

[3] Jedes Ergebnis beruht auf einer Beurteilung der zugrundeliegenden Belege und der Übereinstimmung. Ein Vertrauensniveau wird unter der Verwendung von fünf Abstufungen angegeben: sehr gering, gering, mittel, hoch und sehr hoch, und kursiv gesetzt, zum Beispiel *mittleres Vertrauen*. Folgende Begriffe wurden verwendet, um die bewertete Wahrscheinlichkeit eines Ergebnisses anzugeben: praktisch sicher 99–100 % Wahrscheinlichkeit, sehr wahrscheinlich 90–100 %, wahrscheinlich 66–100 %, etwa ebenso wahrscheinlich wie nicht 33–66 %, unwahrscheinlich 0–33 %, sehr unwahrscheinlich 0–10 %, besonders unwahrscheinlich 0–1 %. Zusätzliche Begriffe (äußerst wahrscheinlich 95–100 %, eher wahrscheinlich als nicht >50–100 %, eher unwahrscheinlich als wahrscheinlich 0–50 %, äußerst unwahrscheinlich 0–5 %) können ebenfalls verwendet werden wo angebracht. Bewertete Wahrscheinlichkeiten werden kursiv gesetzt, zum Beispiel *sehr wahrscheinlich*. Gleiches galt für den AR5.

Anmerkung des Übersetzers: In dieser Übersetzung wird der weitgefasste englische Ausdruck „evidence“ mit dem Ausdruck „Belege“ wiedergegeben, wobei damit die Summe der vorhandenen Informationen gemeint ist, die je nach Einzelfall einfache Indizien/Hinweise bis zu weitgehend gesicherten Informationen umfassen kann.

[4] Siehe auch Box SPM.1: Für diesen Sonderbericht wichtige Kernkonzepte

[5] Das derzeitige Niveau der globalen Erwärmung ist definiert als der Durchschnitt über den Zeitraum von 30 Jahren, in dessen Mitte 2017 liegt, unter der Annahme, dass sich die derzeitige Erwärmungsrate fortsetzt.

[6] Diese Bandbreite umfasst die vier verfügbaren fachlich begutachteten Schätzungen der beobachteten Änderung der mittleren globalen Oberflächentemperatur und erfasst zugleich zusätzliche Unsicherheiten aufgrund möglicher kurzfristiger natürlicher Variabilität. {1.2.1, Tabelle 1.1.}

A.1.2 Viele Landregionen und Jahreszeiten erfahren zurzeit eine Erwärmung, die stärker ist als der globale Jahresdurchschnitt, darunter zwei- bis dreimal höhere Werte in der Arktis. Über Land fällt die Erwärmung im Allgemeinen stärker aus als über dem Ozean. (*hohes Vertrauen*) {1.2.1, 1.2.2, Abbildung 1.1, Abbildung 1.3, 3.3.1, 3.3.2}

A.1.3 Trends in der Intensität und Häufigkeit mancher Klima- und Wetterextreme wurden über Zeiträume hinweg nachgewiesen, in denen eine globale Erwärmung von etwa 0,5 °C erfolgte (*mittleres Vertrauen*). Diese Bewertung basiert auf mehreren Reihen von Belegen, unter anderem auf Zuordnungsstudien über Veränderungen von Extremen seit 1950. {3.3.1, 3.3.2, 3.3.3}

A.2 Die Erwärmung durch anthropogene Emissionen seit vorindustrieller Zeit bis heute wird für Jahrhunderte bis Jahrtausende bestehen bleiben und wird weiterhin zusätzliche langfristige Änderungen im Klimasystem bewirken, wie zum Beispiel einen Meeresspiegelanstieg und damit verbundene Folgen (*hohes Vertrauen*), aber es ist *unwahrscheinlich*, dass diese Emissionen allein eine globale Erwärmung von 1,5 °C verursachen (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.1) {1.2, 3.3, Abbildung 1.5}

A.2.1 Es ist *unwahrscheinlich*, dass die bis zum heutigen Zeitpunkt erfolgten anthropogenen Emissionen (einschließlich Treibhausgasen, Aerosolen und deren Vorläufersubstanzen) in den nächsten zwei bis drei Jahrzehnten (*hohes Vertrauen*) oder über Zeiträume in der Größenordnung von Jahrhunderten (*mittleres Vertrauen*) eine weitere Erwärmung von mehr als 0,5 °C verursachen. {1.2.4, Abbildung 1.5}

A.2.2 Das Erreichen und Beibehalten von netto null anthropogenen CO_2-Emissionen sowie ein Rückgang des nicht auf CO_2 zurückzuführenden Netto-Strahlungsantriebs würden die anthropogene globale Erwärmung über Zeiträume in der Größenordnung von mehreren Jahrzehnten zum Stillstand bringen (*hohes Vertrauen*). Die erreichte Maximaltemperatur wird dann durch die kumulativen globalen anthropogenen CO_2-Nettoemissionen bis zu dem Zeitpunkt, an dem die CO_2-Emissionen netto null erreichen (*hohes Vertrauen*), sowie durch das Ausmaß des Nicht-CO_2-Strahlungsantriebs in den Jahrzehnten vor dem Erreichen der Maximaltemperaturen bestimmt (*mittleres Vertrauen*). Über längere Zeiträume können anhaltende negative globale anthropogene Netto-CO_2-Emissionen und/oder weitere Minderungen des Nicht-CO_2-Strahlungsantriebs weiterhin erforderlich sein, um eine weitere Erwärmung durch Rückkopplungen im Erdsystem zu verhindern und um die Ozeanversauerung rückgängig zu machen (*mittleres Vertrauen*); sie werden auch erforderlich sein, um den Meeresspiegelanstieg zu minimieren (*hohes Vertrauen*). {Cross-Chapter-Box 2 in Kapitel 1, 1.2.3, 1.2.4, Abbildung 1.4, 2.2.1, 2.2.2, 3.4.4.8, 3.4.5.1, 3.6.3.2}

A.3 Die klimabedingten Risiken für natürliche und menschliche Systeme sind bei einer globalen Erwärmung um 1,5°C höher als heute, aber geringer als bei 2 °C (*hohes Vertrauen*). Diese Risiken hängen von Ausmaß und Geschwindigkeit der Erwärmung, geografischer Lage, Entwicklungsstand und Vulnerabilität sowie der Wahl und Umsetzung von Anpassungs- und Minderungsmöglichkeiten ab (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {1.3, 3.3, 3.4, 5.6}

A.3.1 Folgen der globalen Erwärmung für natürliche und menschliche Systeme wurden bereits beobachtet (*hohes Vertrauen*). Viele Land- und Meeresökosysteme und manche der von ihnen bereitgestellten Leistungen haben sich bereits aufgrund der globalen Erwärmung verändert (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {1.4, 3.4, 3.5}

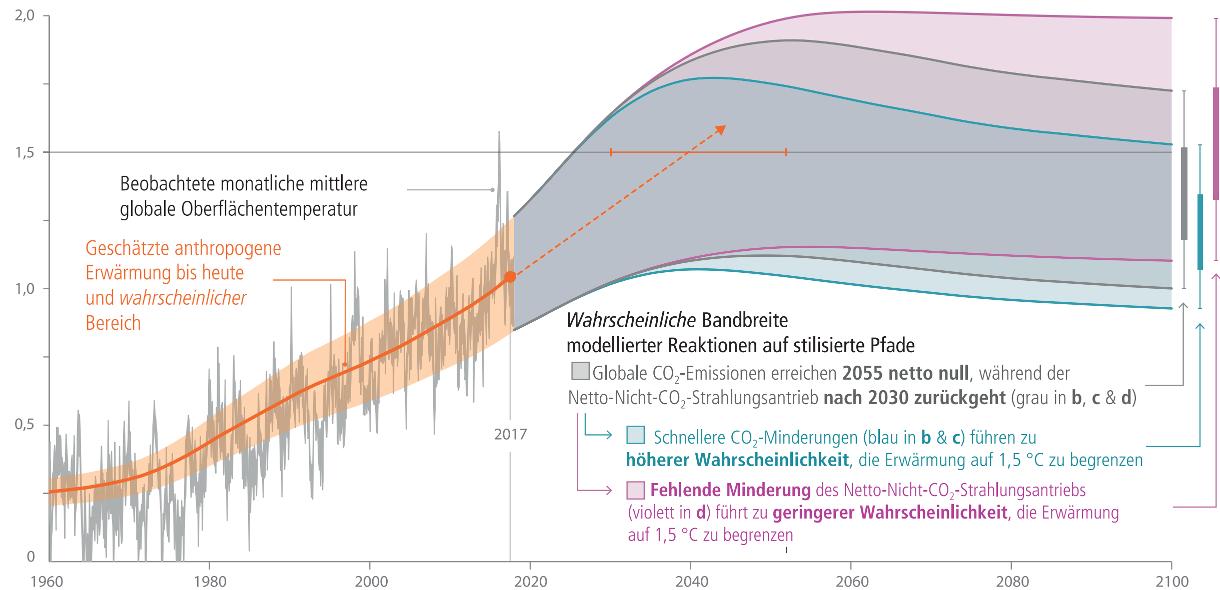
A.3.2 Zukünftige klimabedingte Risiken hängen von Geschwindigkeit, Höchstwert und Dauer der Erwärmung ab. Sie sind in ihrer Gesamtheit größer, wenn die globale Erwärmung 1,5 °C übersteigt, bevor sie bis 2100 wieder auf dieses Niveau zurückgeht, als wenn sich die globale Erwärmung allmählich bei 1,5 °C stabilisiert, insbesondere wenn die Höchsttemperatur hoch ausfällt (z. B. ungefähr 2 °C) (*hohes Vertrauen*). Manche Folgen können langanhaltend oder irreversibel sein, wie der Verlust mancher Ökosysteme (*hohes Vertrauen*). {3.2, 3.4.4, 3.6.3, Cross-Chapter-Box 8 in Kapitel 3}

A.3.3 Anpassung und Minderung geschehen bereits (*hohes Vertrauen*). Zukünftige klimabedingte Risiken würden durch eine Ausweitung und Beschleunigung von weitreichender und sektorenübergreifender Minderung des Klimawandels auf verschiedenen Ebenen und sowohl durch schrittweise als auch durch transformative Anpassung verringert (*hohes Vertrauen*). {1.2, 1.3, Tabelle 3.5, 4.2.2, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, Box 4.2, Box 4.3, Box 4.6, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.4, 4.4.5, 4.5.3}

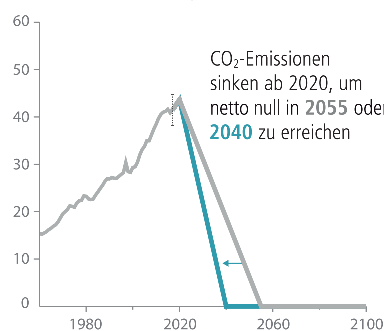
SPM

Kumulative CO_2-Emissionen und zukünftiger Strahlungsantrieb durch andere Gase bestimmen die Wahrscheinlichkeit, die Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen

a) Beobachtete globale Temperaturänderung und modellierte Reaktionen auf stilisierte anthropogene Emissions- und Strahlungsantriebspfade

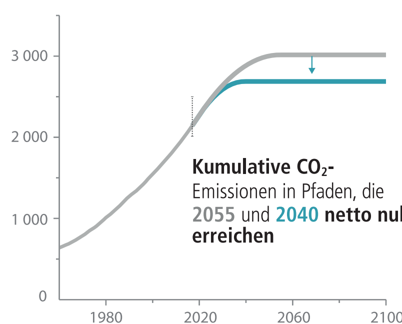


b) Stilisierte globale Netto-CO_2-Emissionspfade
Milliarden Tonnen CO_2 pro Jahr (Gt CO_2/Jahr)

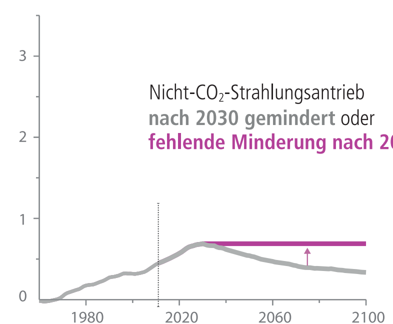


Schnellere unmittelbare CO_2-Minderungen begrenzen die in Tafel (**c**) gezeigten kumulativen CO_2-Emissionen.

c) Kumulative Netto-CO_2-Emissionen
Milliarden Tonnen CO_2 (Gt CO_2)



d) Nicht-CO_2-Strahlungsantriebspfade
Watt pro Quadratmeter (W/m^2)



Der maximale Temperaturanstieg wird durch die kumulativen Netto-CO_2 -Emissionen und den Netto-Nicht-CO_2-Strahlungsantrieb von Methan, Stickstoffdioxid, Aerosolen und anderen anthropogenen Antrieben bestimmt.

Abbildung SPM.1 | Tafel a: Beobachtete monatliche mittlere globale Oberflächentemperatur (graue Linie bis 2017 aus den HadCRUT4-, GISTEMP-, Cowtan-Way- und NOAA-Datensätzen) und geschätzte menschengemachte Erwärmung (durchgezogene orange Linie bis 2017, wobei die orange Fläche die geschätzte *wahrscheinliche* Bandbreite angibt). Der gestrichelte orange Pfeil und der waagrechte orange Fehlerbalken zeigen jeweils den Zentralwert und die *wahrscheinliche* Bandbreite des Zeitpunkts, zu dem 1,5 °C erreicht werden, wenn die derzeitige Erwärmungsgeschwindigkeit anhält. Die graue Fläche rechts in Tafel a zeigt die mit einem einfachen Klimamodell berechnete *wahrscheinliche* Bandbreite an Erwärmung in Reaktion auf einen stilisierten Pfad (hypothetische Zukunft), in dem CO_2-Emissionen (graue Linie in Tafeln b und c) von 2020 bis 2055 in einer geraden Linie auf netto null abnehmen, während der Netto-Nicht-CO_2-Strahlungsantrieb (graue Linie in Tafel d) bis zum Jahr 2030 zunimmt und dann abnimmt. Die blaue Fläche in Tafel a zeigt die Reaktion auf schnellere CO_2-Emissionsminderungen (blaue Linie in Tafel b), die netto null im Jahr 2040 erreichen, was die kumulativen CO_2-Emissionen verringert (Tafel c). Die violette Fläche zeigt die Reaktion auf Netto-CO_2-Emissionen, die im Jahr 2055 null erreichen, wobei der Netto-Nicht-CO_2-Strahlungsantrieb nach 2030 konstant bleibt. Die senkrechten Fehlerbalken rechts von Tafel a zeigen die *wahrscheinlichen* Bandbreiten (dünne Linien) und die zentralen Drittel (33.-66. Perzentile, dicke Linien) der geschätzten Erwärmungsverteilung im Jahr 2100 für diese drei stilisierten Pfade. Senkrechte gepunktete Fehlerbalken in den Tafeln b, c und d zeigen die *wahrscheinlichen* Bandbreiten historischer jährlicher und kumulativer globaler CO_2-Emissionen im Jahr 2017 (Daten aus dem *Global Carbon Project*) beziehungsweise des Netto-Nicht-CO_2-Strahlungsantriebs im Jahr 2011. Die vertikalen Achsen in den Tafeln c und d sind so skaliert, dass sie in etwa gleiche Auswirkungen auf die mittlere globale Oberflächentemperatur wiedergeben. {1.2.1, 1.2.3, 1.2.4, 2.3, Abbildung 1.2 & Kapitel 1 Zusatzmaterial, Cross-Chapter-Box 2 in Kapitel 1}

B. Projizierte Klimaänderungen, mögliche Folgen und damit verbundene Risiken

B.1 Klimamodelle projizieren belastbare[7] Unterschiede regionaler Klimaeigenschaften zwischen heutigen Bedingungen und einer globalen Erwärmung um 1,5 °C sowie zwischen 1,5 °C und 2 °C[8]. Zu diesen Unterschieden gehören Zunahmen von: der Mitteltemperatur in den meisten Land- und Ozeangebieten (*hohes Vertrauen*), Hitzeextremen in den meisten bewohnten Regionen (*hohes Vertrauen*), Starkniederschlägen in mehreren Regionen (*mittleres Vertrauen*) und der Wahrscheinlichkeit für Dürre und Niederschlagsdefizite in manchen Regionen (*mittleres Vertrauen*). {3.3}

B.1.1 Belege, die Änderungen in manchen Klima- und Wetterextremen einer globalen Erwärmung um 0,5 °C zuordnen, stützen die Bewertung, dass eine Erwärmung um weitere 0,5 °C gegenüber heute mit zusätzlichen nachweisbaren Veränderungen dieser Extreme einhergeht (*mittleres Vertrauen*). Untersuchungen ergeben, dass mit einer Erwärmung von bis zu 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau einige regionale klimatische Veränderungen eintreten werden, darunter eine Erhöhung extremer Temperaturen in vielen Regionen (*hohes Vertrauen*), Zunahmen der Häufigkeit, Intensität und/oder Menge an Starkniederschlag in einigen Regionen (*hohes Vertrauen*) sowie eine Zunahme der Intensität oder Häufigkeit von Dürren in manchen Regionen (*mittleres Vertrauen*). {3.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, Tabelle 3.2}

B.1.2 Temperaturextreme über Land werden laut Projektionen stärker ansteigen als die mittlere globale Oberflächentemperatur (*hohes Vertrauen*): Extrem heiße Tage werden in den mittleren Breiten bei 1,5 °C globaler Erwärmung um bis zu etwa 3 °C wärmer und bei 2 °C bis zu etwa 4 °C wärmer, während extrem kalte Nächte in den hohen Breiten bei 1,5 °C bis zu etwa 4,5 °C und bei 2 °C bis zu etwa 6 °C wärmer werden (*hohes Vertrauen*). Die Anzahl heißer Tage wird laut Projektionen in den meisten Landregionen zunehmen, wobei die größten Zunahmen in den Tropen projiziert werden (*hohes Vertrauen*). {3.3.1, 3.3.2, Cross-Chapter-Box 8 in Kapitel 3}

B.1.3 Risiken durch Dürren und Niederschlagsdefizite werden laut Projektionen bei 2 °C globaler Erwärmung in manchen Regionen größer sein als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). Risiken durch Starkniederschlagsereignisse werden laut Projektionen bei 2 °C globaler Erwärmung in einigen Regionen in den hohen Breiten und/oder hochgelegenen Regionen auf der Nordhalbkugel sowie in Ostasien und im östlichen Nordamerika größer sein als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). Mit tropischen Wirbelstürmen verbundene Starkniederschläge werden laut Projektionen bei 2 °C globaler Erwärmung höher ausfallen als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). Für andere Regionen besteht generell ein *geringes Vertrauen* in die projizierten Veränderungen von Starkniederschlägen bei 2 °C im Vergleich zu 1,5 °C. Global aggregiert werden Starkniederschläge laut Projektionen bei 2,0 °C globaler Erwärmung weltweit in Summe höher ausfallen als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). Als eine Folge von Starkniederschlägen ist der Anteil der weltweiten Landfläche, der von Überflutung betroffen ist, laut Projektionen bei 2 °C globaler Erwärmung größer als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). {3.3.1, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6}

B.2 Bis 2100 wird der globale mittlere Meeresspiegelanstieg laut Projektionen bei 1,5 °C globaler Erwärmung um etwa 0,1 m geringer als bei 2 °C sein (*mittleres Vertrauen*). Der Meeresspiegel wird bis weit über das Jahr 2100 hinaus weiter ansteigen (*hohes Vertrauen*), und das Ausmaß und die Geschwindigkeit dieses Anstiegs hängen von zukünftigen Emissionspfaden ab. Eine geringere Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs eröffnet größere Anpassungschancen für menschliche und ökologische Systeme kleiner Inseln, niedriggelegener Küstengebiete und Deltas (*mittleres Vertrauen*). {3.3, 3.4, 3.6}

B.2.1 Modellbasierte Projektionen des mittleren globalen Meeresspiegelanstiegs (gegenüber 1986–2005) weisen bei 1,5 °C Erwärmung auf eine indikativen Bandbreite von 0,26 bis 0,77 m bis zum Jahr 2100 hin, 0,1 m (0,04–0,16 m) weniger als bei 2 °C globaler Erwärmung (*mittleres Vertrauen*). Ausgehend von Bevölkerungszahlen im Jahr 2010 sowie der Annahme, dass keine Anpassung stattfindet, bedeutet eine Verringerung des globalen Meeresspiegelanstiegs um 0,1 m, dass bis zu 10 Millionen weniger Menschen den damit verbundenen Risiken ausgesetzt wären (*mittleres Vertrauen*). {3.4.4, 3.4.5, 4.3.2}

B.2.2 Selbst wenn die globale Erwärmung im 21. Jahrhundert auf 1,5 °C begrenzt wird, wird der Meeresspiegelanstieg über das Jahr 2100 hinaus weiter andauern (*hohes Vertrauen*). Die Instabilität mariner Eisschilde in der Antarktis und/oder irreversible Verluste des Grönland-Eisschildes könnten einen Anstieg des Meeresspiegels um mehrere Meter über einen Zeitraum von hunderten bis tausenden von Jahren zur Folge haben. Diese Instabilitäten könnten bei einer globalen Erwärmung von ungefähr 1,5 °C bis 2 °C ausgelöst werden (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {3.3.9, 3.4.5, 3.5.2, 3.6.3, Box 3.3}

---

[7] Belastbar bedeutet in diesem Zusammenhang, dass mindestens zwei Drittel der Klimamodelle das gleiche Vorzeichen der Änderungen auf Gitterpunktebene aufweisen und dass Unterschiede in großen Gebieten statistisch signifikant sind.

[8] Projizierte Änderungen von Folgen zwischen unterschiedlichen Niveaus globaler Erwärmung werden mit Bezug auf Änderungen der globalen bodennahen Lufttemperatur bestimmt.

B.2.3 Zunehmende Erwärmung setzt kleine Inseln, niedrig gelegene Küstengebiete und Deltas verstärkt den für viele menschliche und ökologische Systeme mit dem Meeresspiegelanstieg verbundenen Risiken aus, darunter erhöhter Salzwassereintrag, Überflutung und Schädigung von Infrastruktur (*hohes Vertrauen*). Die mit dem Meeresspiegelanstieg verbundenen Risiken sind bei 2 °C höher als bei 1,5 °C. Die geringere Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs bei 1,5 °C globaler Erwärmung senkt diese Risiken, wodurch größere Anpassungschancen eröffnet werden, darunter das Management und die Renaturierung natürlicher Küstenökosysteme und eine Stärkung der Infrastruktur (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {3.4.5, Box 3.5}

B.3 An Land sind die Folgen für Biodiversität und Ökosysteme, einschließlich des Verlusts und des Aussterbens von Arten, laut Projektionen bei 1,5 °C globaler Erwärmung geringer als bei 2 °C. Eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C verglichen mit 2 °C verringert laut Projektionen die Folgen für Ökosysteme an Land, im Süßwasser und an Küsten und erhält mehr von deren Leistungen für den Menschen aufrecht (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {3.4, 3.5, Box 3.4, Box 4.2, Cross-Chapter-Box 8 in Kapitel 3}

B.3.1 Von 105 000 untersuchten Arten[9] büßen Projektionen zufolge 6 % der Insekten, 8 % der Pflanzen und 4 % der Wirbeltiere bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C mehr als die Hälfte ihres klimatisch bestimmten geografischen Verbreitungsgebietes ein, verglichen mit 18 % der Insekten, 16 % der Pflanzen und 8 % der Wirbeltiere bei einer globalen Erwärmung um 2 °C (*mittleres Vertrauen*). Folgen von anderen biodiversitätsbezogenen Risiken, wie Waldbränden und der Ausbreitung invasiver Arten, sind bei 1,5 °C geringer als bei 2 °C globaler Erwärmung (*hohes Vertrauen*). {3.4.3, 3.5.2}

B.3.2 Ungefähr 4 % (Interquartilbereich 2–7 %) der globalen terrestrischen Landfläche durchlaufen laut Projektionen bei einer globalen Erwärmung um 1 °C eine Transformation der Ökosysteme von einem Typus zu einem anderen, verglichen mit 13 % (Interquartilbereich 8–20 %) bei 2 °C (*mittleres Vertrauen*). Dies deutet darauf hin, dass die gefährdete Fläche laut Projektionen bei 1,5 °C ungefähr 50 % kleiner ist als bei 2 °C (*mittleres Vertrauen*). {3.4.3.1, 3.4.3.5}

B.3.3 Tundra und boreale Wälder in den hohen Breiten sind durch Schädigung und Verlust aufgrund des Klimawandels besonders gefährdet, wobei holzige Sträucher bereits jetzt in die Tundra eindringen (*hohes Vertrauen*) und dies bei zusätzlicher Erwärmung weiter tun werden. Eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C statt 2 °C wird laut Projektionen das Jahrhunderte andauernde Tauen einer Permafrostfläche von 1,5 bis 2,5 Millionen km^2 verhindern (*mittleres Vertrauen*). {3.3.2, 3.4.3, 3.5.5}

B.4 Eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C verglichen mit 2 °C verringert laut Projektionen Anstiege der Ozeantemperatur sowie eine damit einhergehende Ozeanversauerung und Abnahmen des Sauerstoffgehalts im Ozean (*hohes Vertrauen*). Infolgedessen verringert laut Projektionen eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C die Risiken für marine Biodiversität, Fischerei und Ökosysteme sowie deren Funktionen und Leistungen für den Menschen. Dies wird durch die jüngsten Änderungen von Ökosystemen des arktischen Meereises und der Warmwasserkorallenriffe verdeutlicht (*hohes Vertrauen*). {3.3, 3.4, 3.5, Box 3.4, Box 3.5}

B.4.1 Es besteht *hohes Vertrauen*, dass die Wahrscheinlichkeit eines meereisfreien arktischen Ozeans im Sommer bei 1,5 °C globaler Erwärmung wesentlich geringer ist als bei 2 °C. Bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C wird ein meereisfreier arktischer Sommer pro Jahrhundert projiziert. Diese Wahrscheinlichkeit wird bei 2 °C globaler Erwärmung auf mindestens einen eisfreien Sommer pro Jahrzehnt erhöht. Die Auswirkungen einer Temperaturüberschreitung sind für die arktische Meereisbedeckung in Zeiträumen von Jahrzehnten umkehrbar (*hohes Vertrauen*). {3.3.8, 3.4.4.7}

B.4.2 Eine globale Erwärmung um 1,5 °C wird laut Projektionen die Verbreitungsgebiete vieler mariner Arten in Richtung höherer Breiten verlagern sowie das Ausmaß des Schadens an vielen Ökosystemen vergrößern. Darüber hinaus wird erwartet, dass sie den Verlust von Ressourcen an Küsten antreibt und die Produktivität von Fischerei und Aquakultur verringert (insbesondere in niedrigen Breiten). Die Risiken klimabedingter Folgen sind laut Projektionen bei 2 °C höher als diejenigen bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C (*hohes Vertrauen*). Zum Beispiel werden Korallenriffe laut Projektionen bei 1,5 °C um weitere 70–90 % zurückgehen (*hohes Vertrauen*), mit höheren Verlusten (>99 %) bei 2 °C (*sehr hohes Vertrauen*). Das Risiko irreversibler Verluste vieler Meeres- und Küstenökosysteme nimmt mit der globalen Erwärmung zu, insbesondere bei 2 °C oder mehr (*hohes Vertrauen*). {3.4.4, Box 3.4}

B.4.3 Der Grad der Ozeanversauerung durch steigende CO_2-Konzentrationen im Zusammenhang mit einer globalen Erwärmung um 1,5 °C wird laut Projektionen die nachteiligen Auswirkungen der Erwärmung verstärken, und dies noch mehr bei 2 °C, wodurch

[9] Wie auch in früheren Studien wurden veranschaulichende Zahlen einer einzelnen, kürzlich erschienenen Metastudie entnommen.

Wachstum, Entwicklung, Kalkbildung, Überleben und somit die Bestandsdichte einer Vielzahl von Arten beeinträchtigt werden, zum Beispiel von Algen bis hin zu Fischen (*hohes Vertrauen*). {3.3.10, 3.4.4}

B.4.4 Die Folgen des Klimawandels in den Ozeanen erhöhen die Risiken für Fischerei und Aquakultur durch Folgen für die Physiologie, das Überleben, den Lebensraum, die Fortpflanzung, das Auftreten von Krankheiten und das Risiko invasiver Arten (*mittleres Vertrauen*), sind jedoch laut Projektionen bei 1,5 °C globaler Erwärmung geringer als bei 2 °C. Ein globales Fischereimodell projiziert beispielsweise eine Abnahme des weltweiten jährlichen Ertrags der Meeresfischerei um circa 1,5 Millionen Tonnen bei 1,5 °C globaler Erwärmung verglichen mit einem Verlust von mehr als 3 Millionen Tonnen bei 2 °C globaler Erwärmung (*mittleres Vertrauen*). {3.4.4, Box 3.4}

B.5 Klimabedingte Risiken für Gesundheit, Lebensgrundlagen, Ernährungssicherheit und Wasserversorgung, menschliche Sicherheit und Wirtschaftswachstum werden laut Projektionen bei einer Erwärmung um 1,5 °C zunehmen und bei 2 °C noch weiter ansteigen. (SPM Abbildung 2) {3.4, 3.5, 5.2, Box 3.2, Box 3.3, Box 3.5, Box 3.6, Cross-Chapter-Box 6 in Kapitel 3, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, Cross-Chapter-Box 12 in Kapitel 5, 5.2}

B.5.1 Zu den Bevölkerungsgruppen, die einem überproportional hohen Risiko nachteiliger Konsequenzen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C und mehr ausgesetzt sind, zählen benachteiligte und verwundbare Bevölkerungsgruppen, manche indigene Völker sowie lokale, von landwirtschaftlichen oder küstengeprägten Lebensgrundlagen abhängige Gemeinschaften (*hohes Vertrauen*). Zu den überproportional gefährdeten Regionen gehören arktische Ökosysteme, Trockengebiete, kleine Inselentwicklungsländer und die am wenigsten entwickelten Länder (*hohes Vertrauen*). Armut und Benachteiligung werden in manchen Bevölkerungsgruppen mit zunehmender Erwärmung voraussichtlich zunehmen; eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C könnte im Vergleich zu 2 °C die Anzahl der Menschen, die sowohl klimabedingten Risiken ausgesetzt als auch armutsgefährdet sind, bis zum Jahr 2050 um mehrere hundert Millionen senken (*mittleres Vertrauen*). {3.4.10, 3.4.11, Box 3.5, Cross-Chapter-Box 6 in Kapitel 3, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, Cross-Chapter-Box 12 in Kapitel 5, 4.2.2.2, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.6.3}

B.5.2 Jegliche Zunahme der globalen Erwärmung wird sich laut Projektionen auf die menschliche Gesundheit auswirken, mit überwiegend negativen Folgen (*hohes Vertrauen*). Bei 1,5 °C sind die Risiken im Hinblick auf hitzebedingte Erkrankungshäufigkeit und Sterblichkeit geringer als bei 2 °C (*sehr hohes Vertrauen*), ebenso für die ozonbedingte Sterblichkeit, falls die für die Ozonbildung erforderlichen Emissionen hoch bleiben (*hohes Vertrauen*). Städtische Wärmeinseln verstärken oft die Folgen von Hitzewellen in Städten (*hohes Vertrauen*). Risiken durch manche vektorübertragene Erkrankungen wie Malaria und Denguefieber werden laut Projektionen mit einer Erwärmung von 1,5 °C auf 2 °C zunehmen, einschließlich potenzieller Verlagerungen ihres geografischen Verbreitungsgebiets (*hohes Vertrauen*). {3.4.7, 3.4.8, 3.5.5.8}

B.5.3 Eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C wird verglichen mit 2 °C laut Projektionen zu geringeren Nettorückgängen des Ertrags bei Mais, Reis, Weizen und möglicherweise anderen Getreidepflanzen führen, insbesondere in Afrika südlich der Sahara, Südostasien und Zentral- und Südamerika, sowie zu geringeren Rückgängen des CO_2-abhängigen Nährwertgehalts von Reis und Weizen (*hohes Vertrauen*). Rückgänge der projizierten Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln sind in der Sahelzone, im südlichen Afrika, im Mittelmeerraum, in Mitteleuropa und im Amazonasgebiet bei 2 °C globaler Erwärmung größer als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). Nutztiere werden laut Projektionen durch steigende Temperaturen beeinträchtigt, je nach Ausmaß der Änderungen bezüglich Futtermittelqualität, Krankheitsausbreitung und Wasserverfügbarkeit (*hohes Vertrauen*). {3.4.6, 3.5.4, 3.5.5, Box 3.1, Cross-Chapter-Box 6 in Kapitel 3, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4}

B.5.4 Abhängig von den zukünftigen sozioökonomischen Bedingungen kann eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C gegenüber 2 °C den Anteil der Weltbevölkerung, der aufgrund des Klimawandels zunehmendem Wasserstress ausgesetzt ist, um bis zu 50 % reduzieren, auch wenn diesbezüglich erhebliche Unterschiede zwischen Regionen bestehen (*mittleres Vertrauen*). Viele kleine Inselentwicklungsländer wären infolge der projizierten Änderungen der Aridität geringerem Wasserstress ausgesetzt, wenn die globale Erwärmung auf 1,5 °C anstatt auf 2 °C begrenzt wird (*mittleres Vertrauen*). {3.3.5, 3.4.2, 3.4.8, 3.5.5, Box 3.2, Box 3.5, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4}

B.5.5 Die Risiken für das global aggregierte Wirtschaftswachstum aufgrund von Folgen des Klimawandels werden laut Projektionen bis Ende dieses Jahrhunderts bei 1,5 °C geringer sein als bei 2 °C[10] (*mittleres Vertrauen*). Hiervon ausgenommen sind die Kosten für Minderung, Anpassungsinvestitionen und die Vorteile durch Anpassung. Sollte die globale Erwärmung von 1,5 °C auf 2 °C ansteigen, werden laut Projektionen Länder in den Tropen und Subtropen der Südhalbkugel die größten Folgen für das Wirtschaftswachstum aufgrund des Klimawandels erfahren (*mittleres Vertrauen*). {3.5.2, 3.5.3}

---

[10] An dieser Stelle beziehen sich Folgen für das Wirtschaftswachstum auf Veränderungen des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Viele Folgen, wie der Verlust von Menschenleben, kulturellem Erbe und Ökosystemleistungen, sind schwer zu bewerten und zu monetarisieren.

B.5.6 Die Exposition gegenüber vielfachen und zusammen wirkenden klimabezogenen Risiken nimmt von 1,5 °C auf 2 °C globale Erwärmung zu, wobei in Afrika und Asien größere Bevölkerungsanteile entsprechend exponiert und armutsgefährdet sind (*hohes Vertrauen*). Bei einer globalen Erwärmung von 1,5 °C bis 2 °C könnten sich die Risiken in den Sektoren Energie, Ernährung und Wasser räumlich und zeitlich überschneiden, wodurch bereits bestehende Gefährdungen, Expositionen und Verwundbarkeiten verschärft und neue entstehen würden, die eine zunehmende Zahl an Menschen und Regionen betreffen könnten (*mittleres Vertrauen*). {Box 3.5, 3.3.1, 3.4.5.3, 3.4.5.6, 3.4.11, 3.5.4.9}

B.5.7 Es gibt mehrere Reihen von Belegen dafür, dass die Risikoniveaus für vier der fünf „Gründe zur Besorgnis" (*Reasons for Concern*, RFCs) seit dem AR5 höher bewertet werden (*hohes Vertrauen*). Die Risikoübergänge je nach Ausmaß der globalen Erwärmung sind nun: von hoch auf sehr hoch zwischen 1,5 °C und 2 °C für RFC1 (Einzigartige und bedrohte Systeme) (*hohes Vertrauen*); von moderat auf hoch zwischen 1,0 °C und 1,5 °C für RFC2 (Extremwetterereignisse) (*mittleres Vertrauen*); von moderat auf hoch zwischen 1,5 °C und 2 °C für RFC3 (Verteilung der Folgen) (*hohes Vertrauen*); von moderat auf hoch zwischen 1,5 °C und 2,5 °C für RFC4 (Aggregierte globale Folgen) (*mittleres Vertrauen*) und von moderat auf hoch zwischen 1 °C und 2,5 °C für RFC5 (Großräumige Singularitäten) (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.2) {3.4.13, 3.5, 3.5.2}

B.6 Der Anpassungsbedarf wird bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C in den meisten Fällen geringer sein als bei 2 °C (*hohes Vertrauen*). Es gibt eine große Auswahl an Anpassungsmöglichkeiten, welche die Risiken des Klimawandels verringern können (*hohes Vertrauen*). Bei globaler Erwärmung um 1,5 °C gibt es Grenzen der Anpassung und der Anpassungskapazität mancher menschlicher und natürlicher Systeme und damit verbundene Verluste (*mittleres Vertrauen*). Die Anzahl und Verfügbarkeit von Anpassungsmöglichkeiten unterscheiden sich je nach Sektor (*mittleres Vertrauen*). {Tabelle 3.5, 4.3, 4.5, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, Cross-Chapter-Box 12 in Kapitel 5}

B.6.1 Es ist eine große Auswahl an Anpassungsmöglichkeiten verfügbar zur Verringerung der Risiken für natürliche und bewirtschaftete Ökosysteme (z. B. durch ökosystembasierte Anpassung, Renaturierung von Ökosystemen und vermiedene Schädigung und Entwaldung, Biodiversitätsmanagement, nachhaltige Aquakultur sowie lokales Wissen und indigenes Wissen), der Risiken durch Meeresspiegelanstieg (z. B. durch Küstenschutz und -stabilisierung) sowie der Risiken für Gesundheit, Lebensgrundlagen, Ernährung, Wasser und Wirtschaftswachstum, insbesondere in ländlichen Räumen (z. B. durch effiziente Bewässerung, soziale Sicherheitsnetze, Katastrophenrisikomanagement, Risikostreuung und -aufteilung, gemeindebasierte Anpassung) und städtischen Gebieten (z. B. durch grüne Infrastruktur, nachhaltige Landnutzung und -planung und nachhaltige Wasserwirtschaft) (*mittleres Vertrauen*). {4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.5, 4.5.3, 4.5.4, 5.3.2, Box 4.2, Box 4.3, Box 4.6, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4}

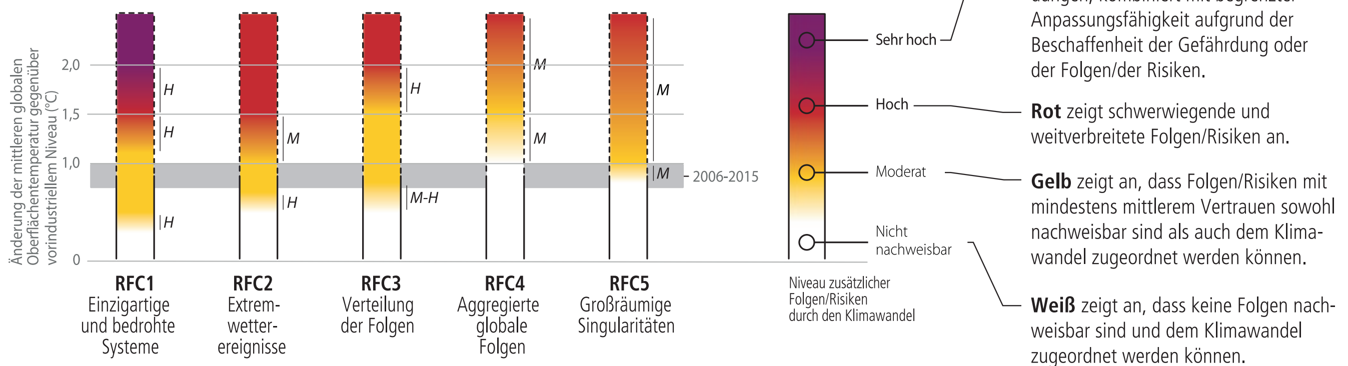
B.6.2 Anpassung wird für Ökosysteme, Ernährungs- und Gesundheitssysteme bei 2 °C globaler Erwärmung voraussichtlich eine größere Herausforderung darstellen als bei 1,5 °C (*mittleres Vertrauen*). Manche verwundbare Regionen wie kleine Inseln und die am wenigsten entwickelten Länder werden laut Projektionen sogar bei 1,5 °C globaler Erwärmung hohen vielfachen und ineinandergreifenden Klimarisiken ausgesetzt sein (*hohes Vertrauen*). {3.3.1, 3.4.5, Box 3.5, Tabelle 3.5, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, 5.6, Cross-Chapter-Box 12 in Kapitel 5, Box 5.3}

B.6.3 Grenzen der Anpassungsfähigkeit bestehen bei 1,5 °C globaler Erwärmung, werden bei höheren Erwärmungsniveaus deutlicher und unterscheiden sich je nach Sektor, wobei ortsspezifische Auswirkungen auf verwundbare Regionen, Ökosysteme und die menschliche Gesundheit bestehen (*mittleres Vertrauen*). {Cross-Chapter-Box 12 in Kapitel 5, Box 3.5, Tabelle 3.5}

Wie das Niveau der globalen Erwärmung die mit den Gründen zur Besorgnis (*Reasons for Concern*, RFCs) verbundenen Risiken sowie bestimmte natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme beeinflusst

Fünf Gründe zur Besorgnis (RFCs) stellen die Folgen und Risiken unterschiedlicher Erwärmungsniveaus für Menschen, Wirtschafts- und Ökosysteme über Sektoren und Regionen hinweg dar.

Mit den Gründen zur Besorgnis (RFCs) verbundene Folgen und Risiken



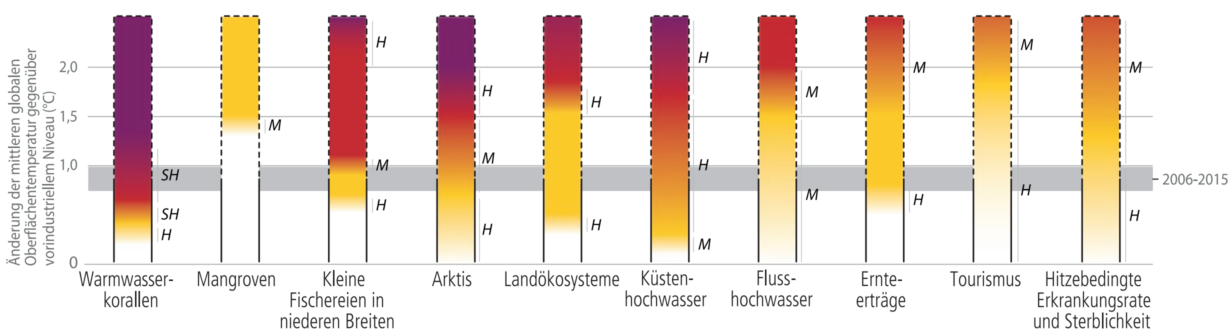
Violett zeigt sehr hohe Risiken schwerwiegender Folgen/Risiken an sowie die Existenz signifikanter Unumkehrbarkeit oder das Fortbestehen klimabedingter Gefährdungen, kombiniert mit begrenzter Anpassungsfähigkeit aufgrund der Beschaffenheit der Gefährdung oder der Folgen/der Risiken.

Rot zeigt schwerwiegende und weitverbreitete Folgen/Risiken an.

Gelb zeigt an, dass Folgen/Risiken mit mindestens mittlerem Vertrauen sowohl nachweisbar sind als auch dem Klimawandel zugeordnet werden können.

Weiß zeigt an, dass keine Folgen nachweisbar sind und dem Klimawandel zugeordnet werden können.

Folgen und Risiken für bestimmte natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme



Vertrauensniveau für Übergang: *G* = Gering, *M* = Mittel, *H* = Hoch und *SH* = Sehr hoch

Abbildung SPM.2 | Fünf Gründe zur Besorgnis (*Reasons for Concern*, RFCs) liefern einen Rahmen für die Zusammenfassung von Schlüsselfolgen und -risiken über Sektoren und Regionen hinweg; sie wurden im Dritten IPCC-Sachstandsbericht eingeführt. RFCs veranschaulichen die Auswirkungen der globalen Erwärmung für Menschen, Wirtschafts- und Ökosysteme. Folgen und/oder Risiken für jeden RFC beruhen auf der Bewertung der neu erschienenen Literatur. Wie im AR5 wurde diese Literatur genutzt, um zu Expertenbeurteilungen über die Niveaus globaler Erwärmung zu kommen, bei denen das Ausmaß an Folgen und/oder Risiken jeweils nicht nachweisbar, moderat, hoch oder sehr hoch sind. Die Auswahl von Folgen und Risiken für natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme im unteren Teil der Abbildung ist beispielhaft und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. {3.4, 3.5, 3.5.2.1, 3.5.2.2, 3.5.2.3, 3.5.2.4, 3.5.2.5, 5.4.1, 5.5.3, 5.6.1, Box 3.4}

RFC1 Einzigartige und bedrohte Systeme: ökologische und menschliche Systeme, deren begrenzte geografische Ausbreitung durch klimabedingte Umstände eingeschränkt ist, und die hohen Endemismus oder andere einzigartige Eigenschaften aufweisen. Beispiele sind unter anderem Korallenriffe, die Arktis und ihre indigenen Einwohner, Gebirgsgletscher und Hotspots biologischer Vielfalt.
RFC2 Extremwetterereignisse: Risiken/Folgen für menschliche Gesundheit, Lebensgrundlagen, Vermögenswerte und Ökosysteme durch Extremwetterereignisse wie zum Beispiel Hitzewellen, Starkregen, Dürre und damit verbundene Wald- und Flächenbrände sowie Überflutung von Küstenregionen.
RFC3 Verteilung der Folgen: Risiken/Folgen, die bestimmte Gruppen überproportional beeinträchtigen, da physische Gefährdungen durch den Klimawandel, Exposition oder Verwundbarkeit ungleich verteilt sind.
RFC4 Aggregierte globale Folgen: globaler finanzieller Schaden, Zerstörung und Verlust von Ökosystemen und biologischer Vielfalt in globalem Maßstab.
RFC5 Großräumige Singularitäten: durch globale Erwärmung verursachte relativ große, abrupte und bisweilen irreversible Änderungen in Systemen. Ein Beispiel ist unter anderem der Zerfall der Eisschilde Grönlands und der Antarktis.

C. Mit 1,5 °C globaler Erwärmung konsistente Emissionspfade und Systemübergänge

C.1 In modellierten Pfaden ohne oder mit geringer Überschreitung von 1,5 °C nehmen die globalen anthropogenen Netto-CO_2-Emissionen bis 2030 um etwa 45 % gegenüber dem Niveau von 2010 ab (Interquartilbereich 40–60%) und erreichen um das Jahr 2050 (Interquartilbereich 2045–2055) netto null. Bei einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf unter 2 °C[11] projizieren die meisten Pfade eine Abnahme der CO_2-Emissionen bis 2030 um etwa 25 % (Interquartilbereich 10–30%) und das Erreichen von netto null um das Jahr 2070 (Interquartilbereich 2065–2080). In Pfaden, welche die globale Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen, zeigen Nicht-CO_2-Emissionen einschneidende Minderungen, die denjenigen in Pfaden, welche die Erwärmung auf 2 °C begrenzen, ähnlich sind. (*hohes Vertrauen*) (Abbildung SPM.3a) {2.1, 2.3, Tabelle 2.4}

C.1.1 CO_2-Emissionsminderungen, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, können auf unterschiedlichen Portfolios von Minderungsmaßnahmen beruhen, die jeweils unterschiedlich starkes Gewicht auf die Verringerung der Energie- und Ressourcenintensität, den Grad der Dekarbonisierung und die Abhängigkeit von Kohlendioxidentnahme legen. Unterschiedliche Portfolios gehen mit unterschiedlichen Herausforderungen bei der Umsetzung und unterschiedlichen potenziellen Synergien und Zielkonflikten bezüglich nachhaltiger Entwicklung einher. (*hohes Vertrauen*) (Abbildung SPM.3b) {2.3.2, 2.3.4, 2.4, 2.5.3}

C.1.2 Modellierte Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, sind mit einschneidenden Minderungen der Emissionen von Methan und Ruß (*black carbon*) verbunden (35 % oder mehr bei beiden gegenüber 2010 bis zum Jahr 2050). Diese Pfade reduzieren auch die meisten kühlenden Aerosole, wodurch die Minderungseffekte für zwei bis drei Jahrzehnte zum Teil ausgeglichen werden. Nicht-CO_2-Emissionen[12] können durch umfassende Minderungsmaßnahmen im Energiesektor gesenkt werden. Darüber hinaus können gezielte Nicht-CO_2-Minderungsmaßnahmen Lachgas und Methan aus der Landwirtschaft, Methan aus der Abfallwirtschaft, manche Rußquellen und teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe reduzieren. Ein hoher Bedarf an Bioenergie kann auf manchen 1,5 °C-Pfaden die Lachgasemissionen erhöhen, was die Bedeutung geeigneter Managementansätze unterstreicht. Eine verbesserte Luftqualität aufgrund der projizierten Minderungen vieler Nicht-CO_2-Emissionen hat bei allen 1,5 °C-Modellpfaden direkte und unmittelbare Vorteile für die Gesundheit der Bevölkerung. (*hohes Vertrauen*) (Abbildung SPM.3a) {2.2.1, 2.3.3, 2.4.4, 2.5.3, 4.3.6, 5.4.2}

C.1.3 Die Begrenzung der globalen Erwärmung setzt eine Begrenzung der gesamten kumulativen globalen anthropogenen CO_2-Emissionen seit dem vorindustriellen Zeitalter voraus, d. h. das Einhalten eines CO_2-Gesamtbudgets (*hohes Vertrauen*).[13] Schätzungen zufolge haben anthropogene CO_2-Emissionen seit dem vorindustriellen Zeitalter das CO_2-Gesamtbudget für 1,5 °C bis Ende des Jahres 2017 um ungefähr 2 200 ± 320 Gt CO_2 verringert (*mittleres Vertrauen*). Das entsprechende verbleibende Budget wird derzeit durch aktuelle Emissionen von jährlich 42 ± 3 Gt CO_2 aufgebraucht (*hohes Vertrauen*). Die Wahl des Maßes für die globale Temperatur beeinflusst das geschätzte verbleibende CO_2-Budget. Die Verwendung der globalen mittleren Lufttemperatur in Bodennähe wie in AR5 ergibt eine Schätzung des verbleibenden CO_2-Budgets von 580 Gt CO_2 für eine 50-prozentige Wahrscheinlichkeit, die Erwärmung auf 1,5°C zu begrenzen und von 420 Gt CO_2 für eine 66-prozentige Wahrscheinlichkeit (*mittleres Vertrauen*).[14] Wird alternativ die mittlere globale Oberflächentemperatur zugrunde gelegt, ergeben sich für die 50-prozentige und die 66-prozentige Wahrscheinlichkeit jeweils Schätzungen von 770 Gt CO_2 beziehungsweise 570 Gt CO_2[15] (*mittleres Vertrauen*). Die Unsicherheiten bezüglich des Umfangs dieser geschätzten verbleibenden CO_2-Budgets sind erheblich und von mehreren Größen abhängig. Unsicherheiten bezüglich der Klimareaktion auf CO_2- und Nicht-CO_2-Emissionen tragen ±400 Gt CO_2 dazu bei und der Grad der historischen Erwärmung ±250 Gt CO_2 (*mittleres Vertrauen*). Eine potenzielle zusätzliche Freisetzung von Kohlenstoff durch künftiges Tauen von Permafrost und Methanfreisetzung aus Feuchtgebieten würde die Budgets um bis zu 100 Gt CO_2 im

---

[11] Verweise auf Pfade, welche die globale Erwärmung auf 2 °C begrenzen, basieren auf einer 66-prozentigen Wahrscheinlichkeit, unterhalb von 2 °C zu bleiben.

[12] In diesem Bericht erwähnte Nicht-CO_2-Emissionen stellen alle anthropogenen Emissionen außer CO_2 dar, die zu einem Strahlungsantrieb führen. Dazu zählen kurzlebige klimawirksame Substanzen wie Methan, manche Fluorgase, Ozonvorläufersubstanzen, Aerosole oder Aerosolvorläufersubstanzen wie Ruß und Schwefeldioxid sowie langlebige Treibhausgase wie Lachgas oder manche Fluorgase. Der mit Nicht-CO_2-Emissionen und Änderungen der Oberflächenalbedo verbundene Strahlungsantrieb wird als Nicht-CO_2-Strahlungsantrieb bezeichnet. {2.2.1}

[13] Es existiert eine eindeutige, wissenschaftliche Grundlage für ein CO_2-Gesamtbudget in Übereinstimmung mit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C. Jedoch wurden weder dieses CO_2-Gesamtbudget noch der durch vergangene Emissionen davon aufgebrauchte Anteil in diesem Bericht untersucht.

[14] Unabhängig vom angewandten Maß für die globale Temperatur haben ein aktualisiertes Verständnis und weitere methodische Fortschritte zu einer Erhöhung des geschätzten verbleibenden CO_2-Budgets gegenüber dem AR5 um etwa 300 Gt CO_2 geführt (*mittleres Vertrauen*). {2.2.2}

[15] Diese Schätzungen nutzen die beobachtete mittlere globale Oberflächentemperatur der Jahre 2006 bis 2015 und schätzen zukünftige Temperaturänderungen auf der Grundlage von oberflächennahen Lufttemperaturen.

Verlauf dieses Jahrhunderts und anschließend weiter reduzieren (*mittleres Vertrauen*). Darüber hinaus könnte das Ausmaß der künftigen Nicht-CO_2-Minderung das verbleibende CO_2-Budget um 250 Gt CO_2 in beide Richtungen ändern (*mittleres Vertrauen*). {1.2.4, 2.2.2, 2.6.1, Tabelle 2.2, Kapitel 2 Zusatzmaterial}

C.1.4 Maßnahmen zur Veränderung der Sonneneinstrahlung (*Solar Radiation Modification*, SRM) wurden in keinem der zur Verfügung stehenden bewerteten Pfade berücksichtigt. Auch wenn manche SRM-Maßnahmen theoretisch eine Überschreitung effektiv mindern könnten, sind sie mit großen Unsicherheiten und Wissenslücken behaftet sowie mit erheblichen Risiken und institutionellen und sozialen Einschränkungen bezüglich ihres Einsatzes, die mit Regierungshandeln, Ethik und den Folgen für nachhaltige Entwicklung zusammenhängen. Außerdem mindern sie die Versauerung der Ozeane nicht. (*mittleres Vertrauen*) {4.3.8, Cross-Chapter-Box 10 in Kapitel 4}

Eigenschaften von globalen Emissionspfaden

Allgemeine Eigenschaften der Entwicklung anthropogener Netto-CO_2-Emissionen und der Gesamtemissionen von Methan, Ruß (black carbon) und Lachgas in Modellpfaden, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen. Netto-Emissionen sind definiert als durch anthropogene Entnahme reduzierte anthropogene Emissionen. Minderungen der Netto-Emissionen können mit unterschiedlichen Portfolios von Minderungsmaßnahmen erreicht werden, die in Abbildung SPM.3b dargestellt sind.

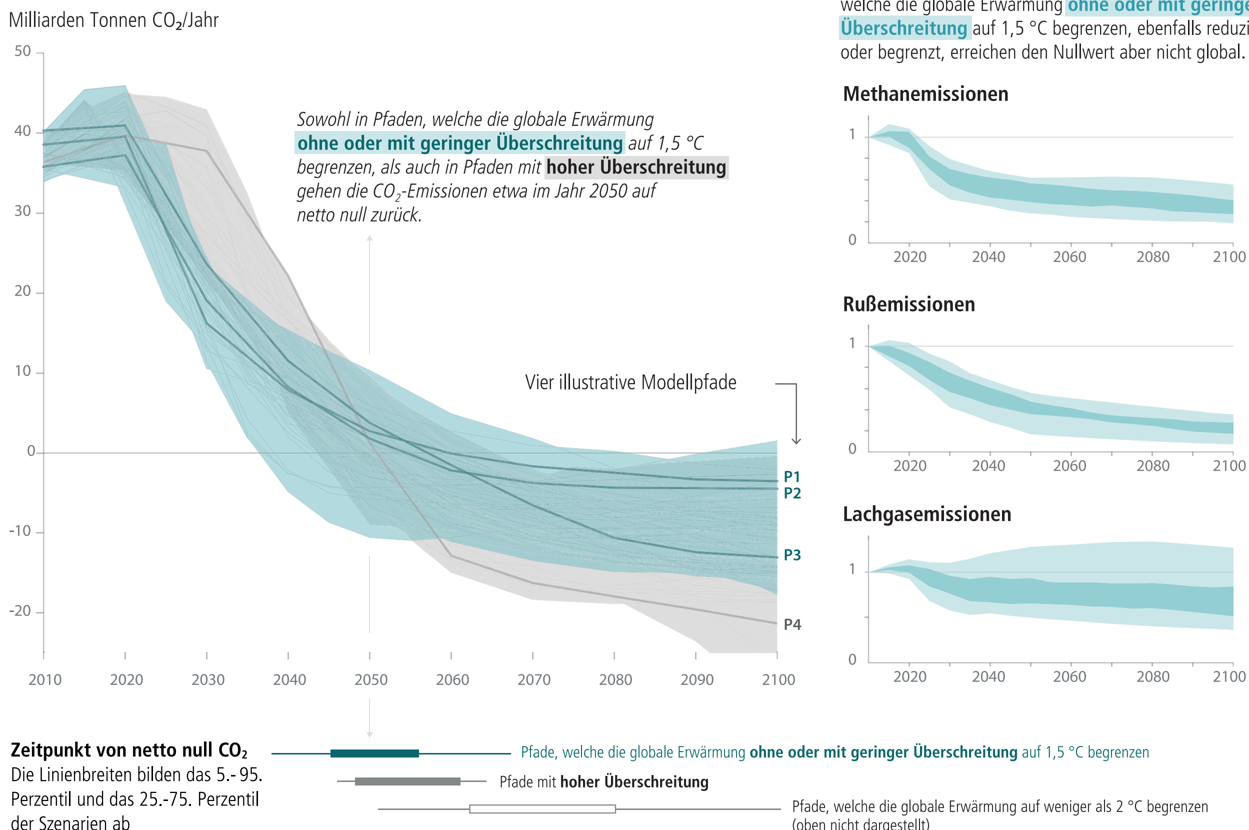


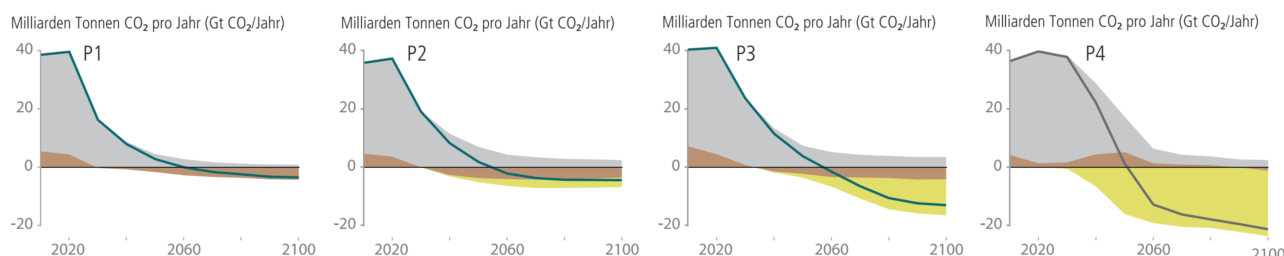
Abbildung SPM.3a | Eigenschaften globaler Emissionspfade. Die Haupttafel zeigt die globalen anthropogenen Netto-CO_2-Emissionen in Pfaden, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer (weniger als 0,1 °C) Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, sowie in Pfaden mit höherer Überschreitung. Die farbige Fläche zeigt die gesamte Bandbreite der in diesem Bericht analysierten Pfade. Die Tafeln rechts zeigen die Bandbreiten der Nicht-CO_2-Emissionen von drei Stoffen mit historisch großem Strahlungsantrieb und mit einem wesentlichen Anteil der Emissionen aus Quellen, die sich von denjenigen, die für die CO_2-Minderung von zentraler Bedeutung sind, klar unterscheiden. Die farbigen Flächen in diesen Tafeln zeigen die 5- bis 95-Prozent-Bereiche (helle Färbung) und den Interquartilbereich (dunkle Färbung) der Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen. Die *Box-Whisker-Plots* unten in der Abbildung zeigen den Zeitpunkt, zu dem die Pfade global netto null CO_2-Emissionen erreichen, und einen Vergleich mit Pfaden, welche die globale Erwärmung mit mindestens 66-prozentiger Wahrscheinlichkeit auf 2 °C begrenzen. In der Haupttafel werden vier illustrative Modellpfade hervorgehoben und als P1, P2, P3 und P4 bezeichnet; diese entsprechen den Pfaden LED, S1, S2 und S5 in Kapitel 2. Beschreibungen und Eigenschaften dieser Pfade sind in Abbildung SPM.3b zu finden. {2.1, 2.2, 2.3, Abbildung 2.5, Abbildung 2.10, Abbildung 2.11}

SPM

Eigenschaften von vier illustrativen Modellpfaden

Unterschiedliche Minderungsstrategien können die Netto-Emissionsminderungen erzielen, die erforderlich wären, um einem Pfad zu folgen, der die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzt. Alle Pfade nutzen die Entnahme von Kohlendioxid (CDR), jedoch variiert der Umfang je nach Pfad, wie auch die relativen Beiträge von Bioenergie mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (BECCS) und der Entnahme durch den Sektor Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU). Das hat Auswirkungen auf die Emissionen und einige andere Pfadeigenschaften.

Aufschlüsselung der Beiträge zu globalen Netto-CO_2-Emissionen in vier illustrativen Modellpfaden



P1: Ein Szenario, in dem soziale, gewerbliche und technologische Innovationen zu geringerem Energiebedarf bis 2050 führen, während die Lebensstandards steigen, insbesondere im globalen Süden. Ein reduzierter Energiesektor ermöglicht eine schnelle Dekarbonisierung der Energieversorgung. Aufforstung wird als einzige CDR-Option berücksichtigt; weder fossile Brennstoffe mit CCS noch BECCS werden angewandt.

P2: Ein Szenario mit einem breiten Fokus auf Nachhaltigkeit, einschließlich Energieintensität, Entwicklung, wirtschaftlicher Annäherung und internationaler Zusammenarbeit, sowie auf einer Verlagerung hin zu nachhaltigen und gesunden Konsummustern, Niedrig-CO_2-Technologieinnovation und gut bewirtschafteten Landsystemen mit begrenzter gesellschaftlicher Akzeptanz von BECCS.

P3: Ein Mittelweg-Szenario, in dem gesellschaftliche sowie technologische Entwicklung historischen Mustern folgen. Emissionsminderungen werden hauptsächlich durch Änderungen der Art der Energie- und Produktherstellung erzielt und weniger durch Nachfragerückgänge.

P4: Ein ressourcen- und energieintensives Szenario, in dem Wirtschaftswachstum und Globalisierung zu weitverbreiteter Aneignung treibhausgasintensiver Lebensstile führen, einschließlich einem hohen Bedarf an Kraftstoffen für den Verkehr und Erzeugnissen aus Tierhaltung. Emissionsminderungen werden hauptsächlich mit technologischen Mitteln erzielt, wobei durch den Einsatz von BECCS stark von CDR-Methoden Gebrauch gemacht wird.

Globale Indikatoren	P1	P2	P3	P4	**Interquartilbereich**
Pfadklassifizierung	Keine/geringe Überschreitung	Keine/geringe Überschreitung	Keine/geringe Überschreitung	Hohe Überschreitung	Keine/geringe Überschreitung
CO_2-Emissionsänderung in 2030 (% gegenüber 2010)	-58	-47	-41	4	(-58, -40)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-93	-95	-91	-97	(-107, -94)
Kyoto-THG-Emissionen in 2030 (% gegenüber 2010)*	-50	-49	-35	-2	(-51, -39)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-82	-89	-78	-80	(-93, -81)
*Endenergiebedarf** in 2030 (% gegenüber 2010)*	-15	-5	17	39	(-12, 7)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-32	2	21	44	(-11, 22)
Anteil Erneuerbare an Stromversorgung in 2030 (%)	60	58	48	25	(47, 65)
↳ in 2050 (%)	77	81	63	70	(69, 86)
Primärenergie aus Kohle in 2030 (% gegenüber 2010)	-78	-61	-75	-59	(-78, -59)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-97	-77	-73	-97	(-95, -74)
aus Öl in 2030 (% gegenüber 2010)	-37	-13	-3	86	(-34, 3)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-87	-50	-81	-32	(-78, -31)
aus Gas in 2030 (% gegenüber 2010)	-25	-20	33	37	(-26, 21)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-74	-53	21	-48	(-56, 6)
aus Kernenergie in 2030 (% gegenüber 2010)	59	83	98	106	(44, 102)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	150	98	501	468	(91, 190)
aus Biomasse in 2030 (% gegenüber 2010)	-11	0	36	-1	(29, 80)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	-16	49	121	418	(123, 261)
aus Erneuerbaren (nicht Biomasse) in 2030 (% gegenüber 2010)	430	470	315	110	(245, 436)
↳ in 2050 (% gegenüber 2010)	833	1327	878	1137	(576, 1299)
Kumulatives CCS bis 2100 (Gt CO_2)	0	348	687	1218	(550, 1017)
↳ davon BECCS (Gt CO_2)	0	151	414	1191	(364, 662)
Landfläche für Bioenergieanbau in 2050 (Mio. Hektar)	22	93	283	724	(151, 320)
CH_4-Emissionen aus Landwirtschaft in 2030 (% gegenüber 2010)	-24	-48	1	14	(-30, -11)
in 2050 (% gegenüber 2010)	-33	-69	-23	2	(-47, -24)
N_2O-Emissionen aus Landwirtschaft in 2030 (% gegenüber 2010)	5	-26	15	3	(-21, 3)
in 2050 (% gegenüber 2010)	6	-26	0	39	(-26, 1)

HINWEIS: Indikatorenauswahl erfolgte für die Darstellung globaler Trends, die in Kapitel 2 identifiziert wurden. Nationale und sektorale Eigenschaften können wesentlich von den oben gezeigten globalen Trends abweichen.

** Kyoto-Gas-Emissionen beruhen auf GWP-100 aus dem Zweiten IPCC-Sachstandsbericht.*

*** Änderungen des Energiebedarfs stehen in Zusammenhang mit Verbesserungen der Energieeffizienz und Verhaltensänderungen.*

Abbildung SPM.3b | Eigenschaften von vier – in Abbildung SPM.3a erstmals dargestellten – illustrativen Modellpfaden bezogen auf eine globale Erwärmung um 1,5 °C. Diese Pfade wurden ausgewählt, um eine Bandbreite potenzieller Minderungsansätze aufzuzeigen, und sie unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer projizierten Energie- und Landnutzung sowie ihrer Annahmen bezüglich der zukünftigen sozioökonomischen Entwicklung einschließlich des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums, von Gleichstellung und Nachhaltigkeit. Die globalen anthropogenen Netto-CO_2-Emissionen sind in die CO_2-Emissionsanteile von fossilen Brennstoffen und Industrie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und anderer Landnutzung (*Agriculture, Forestry and Other Land Use,* AFOLU) sowie Bioenergie mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*, BECCS) aufgeschlüsselt. Die hier dargelegten AFOLU-Schätzungen sind nicht notwendigerweise mit den durch die Länder eingereichten Schätzungen vergleichbar. Weitere Eigenschaften der einzelnen Pfade sind unter jedem Pfad aufgeführt. Diese Pfade veranschaulichen die relativen globalen Unterschiede von Minderungsstrategien, stellen jedoch weder Mittelwerte noch einzelstaatliche Strategien dar und benennen keine Notwendigkeiten. Zum Vergleich zeigt die Spalte rechts außen die Interquartilbereiche für alle Pfade ohne oder mit geringer Überschreitung von 1,5 °C. Die Pfade P1, P2, P3 und P4 entsprechen den in Kapitel 2 betrachteten Pfaden LED, S1, S2 und S5 (Abbildung SPM.3a). {2.2.1, 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.4.1, 2.4.2, 2.4.4, 2.5.3, Abbildung 2.5, Abbildung 2.6, Abbildung 2.9, Abbildung 2.10, Abbildung 2.11, Abbildung 2.14, Abbildung 2.15, Abbildung 2.16, Abbildung 2.17, Abbildung 2.24, Abbildung 2.25, Tabelle 2.4, Tabelle 2.6, Tabelle 2.7, Tabelle 2.9, Tabelle 4.1}

C.2 Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, würden schnelle und weitreichende Systemübergänge in Energie-, Land-, Stadt- und Infrastruktur- (einschließlich Verkehr und Gebäude) sowie in Industriesystemen erfordern (*hohes Vertrauen*). Diese Systemübergänge sind beispiellos bezüglich ihres Ausmaßes, aber nicht unbedingt bezüglich der Geschwindigkeit, und setzen einschneidende Emissionsminderungen in allen Sektoren, ein breites Portfolio von Minderungsmöglichkeiten und ein bedeutendes Anwachsen der Investitionen in diese Optionen voraus (*mittleres Vertrauen*). {2.3, 2.4, 2.5, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5}

C.2.1 Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, weisen zügigere und deutlichere Systemveränderungen im Verlauf der nächsten zwei Jahrzehnte auf als 2 °C-Pfade (*hohes Vertrauen*). Die Geschwindigkeiten der Systemveränderungen, die mit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C ohne oder mit geringer Überschreitung verbunden sind, sind in der Vergangenheit innerhalb bestimmter Branchen-, Technologie- und räumlicher Kontexte schon vorgekommen, doch gibt es kein dokumentiertes historisches Vorbild im Hinblick auf ihre Größenordnung (*mittleres Vertrauen*). {2.3.3, 2.3.4, 2.4, 2.5, 4.2.1, 4.2.2, Cross-Chapter-Box 11 in Kapitel 4}

C.2.2 Im Hinblick auf Energiesysteme decken die modellierten globalen (in der Literatur betrachteten) Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen (siehe Abbildung SPM.3b für mehr Details), die Nachfrage nach Energiedienstleistungen bei geringerer Energienutzung grundsätzlich ab, unter anderem durch eine verbesserte Energieeffizienz, und zeigen eine schnellere Elektrifizierung der Endenergienutzung als 2 °C-Pfade (*hohes Vertrauen*). In 1,5 °C-Pfaden ohne oder mit geringer Überschreitung haben emissionsarme Energiequellen laut Projektionen einen größeren Anteil als in 2 °C-Pfaden, insbesondere vor 2050 (*hohes Vertrauen*). In 1,5 °C-Pfaden ohne oder mit geringer Überschreitung liefern erneuerbare Energien im Jahr 2050 laut Projektionen 70–85 % (Interquartilbereich) des Stroms (*hohes Vertrauen*). Bei der Stromerzeugung steigen in den Modellen die Anteile von Atomenergie und fossilen Brennstoffen mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (*Carbon Dioxide Capture and Storage*, CCS) auf den meisten 1,5 °C-Pfaden ohne oder mit geringer Überschreitung an. In modellierten 1,5 °C-Pfaden ohne oder mit geringer Überschreitung würde die Anwendung von CCS einen Anteil von Gas an der Stromerzeugung von ungefähr 8 % (3–11 % Interquartilbereich) der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2050 ermöglichen, während die Kohlenutzung in allen Pfaden stark zurückgeht und auf einen Anteil an der Stromerzeugung von fast 0 % reduziert werden würde (0–2 %) (*hohes Vertrauen*). Auch wenn Herausforderungen und Unterschiede zwischen den Optionen und den nationalen Rahmenbedingungen zu verzeichnen sind, hat sich die politische, wirtschaftliche, gesellschaftliche und technische Machbarkeit von Sonnenenergie, Windenergie und von Stromspeichertechnologien in den vergangenen Jahren erheblich verbessert (*hohes Vertrauen*). Diese Verbesserungen zeigen einen potenziellen Systemübergang in der Stromerzeugung an. (Abbildung SPM.3b) {2.4.1, 2.4.2, Abbildung 2.1, Tabelle 2.6, Tabelle 2.7, Cross-Chapter-Box 6 in Kapitel 3, 4.2.1, 4.3.1, 4.3.3, 4.5.2}

C.2.3 CO_2-Emissionen aus der Industrie werden laut Projektionen auf Pfaden, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, im Jahr 2050 circa 65–90 % (Interquartilbereich) geringer sein als 2010, verglichen mit 50–80 % in 2 °C-Pfaden (*mittleres Vertrauen*). Solche Minderungen können durch Kombinationen von neuen und bestehenden Technologien und Methoden erzielt werden, wie zum Beispiel Elektrifizierung, Wasserstoff, nachhaltige biobasierte Rohstoffe, Produktersatz und Kohlendioxidabscheidung, -nutzung und -speicherung (*Carbon Capture, Utilization and Storage*, CCUS). Diese

Optionen sind in verschiedenen Ausbaustufen technisch erprobt, ihr großräumiger Einsatz kann aber durch wirtschaftliche, finanzielle und menschliche Kapazitäten, institutionelle Einschränkungen in bestimmten Kontexten und durch spezifische Eigenschaften großmaßstäblicher Industrieanlagen begrenzt werden. In der Industrie sind Emissionsminderungen durch Energie- und Verfahrenseffizienz allein unzureichend für eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C ohne oder mit geringer Überschreitung (*hohes Vertrauen*). {2.4.3, 4.2.1, Tabelle 4.1, Tabelle 4.3, 4.3.3, 4.3.4, 4.5.2}

C.2.4 Der städtische und infrastrukturelle Systemübergang, der mit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C ohne oder mit geringer Überschreitung konsistent wäre, würde Veränderungen zum Beispiel in der Raum- und Stadtplanung sowie einschneidendere Emissionsminderungen bei Verkehr und Gebäuden voraussetzen als Pfade, auf denen die globale Erwärmung unter 2 °C begrenzt wird (*mittleres Vertrauen*). Zu den technischen Maßnahmen und Methoden, die einschneidende Emissionsminderungen ermöglichen, gehören verschiedene Energieeffizienzoptionen. In Pfaden, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, läge der Stromanteil des Energiebedarfs von Gebäuden im Jahr 2050 bei 55–75 % verglichen mit 50–70 % im Jahr 2050 in 2 °C-Pfaden (*mittleres Vertrauen*). Im Verkehrssektor würde der Anteil emissionsarmer Endenergie von weniger als 5 % im Jahr 2020 auf circa 35–65 % im Jahr 2050 ansteigen, verglichen mit 25–45 % bei 2 °C globaler Erwärmung (*mittleres Vertrauen*). Je nach nationalen, regionalen und lokalen Gegebenheiten, Möglichkeiten und der Verfügbarkeit von Kapital können wirtschaftliche, institutionelle und soziokulturelle Hemmnisse diesen städtischen und infrastrukturellen Systemübergängen entgegenstehen (*hohes Vertrauen*). {2.3.4, 2.4.3, 4.2.1, Tabelle 4.1, 4.3.3, 4.5.2}

C.2.5 Umstellungen in der globalen und regionalen Landnutzung sind in allen Pfaden zu finden, die die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, ihr Ausmaß hängt aber vom umgesetzten Minderungsportfolio ab. Modellpfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, projizieren eine Änderung der Anbaufläche für Nahrungsmittel und Futterpflanzen zwischen einer Abnahme um 4 Mio. km^2 und einer Zunahme um 2,5 Mio. km^2 und eine Abnahme der Weidefläche um 0,5–11 Mio. km^2. Diese Änderungen sollen umgewandelt werden in eine Zunahme der Anbaufläche für Energiepflanzen um 0–6 Mio. km^2 sowie eine Änderung der Waldfläche zwischen einer Abnahme um 2 Mio. km^2 bis hin zu einer Zunahme um 9,5 Mio. km^2 im Jahr 2050 gegenüber 2010 (*mittleres Vertrauen*).[16] Landnutzungsumstellungen ähnlichen Ausmaßes können in modellierten 2 °C-Pfaden beobachtet werden (*mittleres Vertrauen*). Solche umfangreichen Umstellungen stellen große Herausforderungen für ein nachhaltiges Management der unterschiedlichen Bedarfe an Landfläche für menschliche Siedlungen, Nahrungsmittel, Nutztierfutter, Faserpflanzen, Bioenergie, Kohlenstoffspeicherung, biologische Vielfalt und andere Ökosystemleistungen dar (*hohes Vertrauen*). Zu Minderungsoptionen, welche die Nachfrage nach Land einschränken, gehören unter anderem die nachhaltige Intensivierung von Landnutzungspraktiken, die Renaturierung von Ökosystemen und Umstellungen auf weniger ressourcenintensive Ernährungsweisen (*hohes Vertrauen*). Die Umsetzung landbasierter Minderungsoptionen würde die Überwindung von sozioökonomischen, institutionellen, technologischen, finanziellen und ökologischen Barrieren voraussetzen, die sich je nach Region unterscheiden (*hohes Vertrauen*). {2.4.4, Abbildung 2.24, 4.3.2, 4.3.7, 4.5.2, Cross-Chapter-Box 7 in Kapitel 3}

C.2.6 Die durchschnittlichen Zusatzinvestitionen in energiebezogene Minderungsmaßnahmen in Pfaden, welche die Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen, gegenüber solchen ohne neue Klimapolitik über die heutige hinaus, werden für den Zeitraum 2016 bis 2050 auf etwa 830 Milliarden USD_{2010} pro Jahr geschätzt (Bandbreite von 150 bis 1700 Milliarden USD2010 über sechs Modelle[17]). Dies steht im Vergleich zu durchschnittlichen Gesamtinvestitionen in die Energieversorgung in 1,5 °C-Pfaden in Höhe von 1460 bis 3510 Milliarden USD_{2010} pro Jahr und durchschnittlichen energiebezogenen Gesamtinvestitionen auf der Nachfrageseite in Höhe von 640 bis 910 Milliarden USD_{2010} pro Jahr im Zeitraum von 2016 bis 2050. Die energiebezogenen Gesamtinvestitionen nehmen in 1,5 °C-Pfaden gegenüber 2 °C-Pfaden um circa 12 % (Bandbreite von 3 bis 24 %) zu. Die durchschnittlichen jährlichen Investitionen in kohlenstoffarme Energietechnologien und Energieeffizienz werden bis zum Jahr 2050 gegenüber 2015 etwa um den Faktor 6 ausgebaut (Bandbreite des Faktors zwischen 4 und 10) (*mittleres Vertrauen*). {2.5.2, Box 4.8, Abbildung 2.27}

C.2.7 Modellierte Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, projizieren für das 21. Jahrhundert eine große Bandbreite an mittleren globalen diskontierten Grenzvermeidungskosten. Sie sind ungefähr drei bis vier Mal höher als in Pfaden, welche die globale Erwärmung auf unter 2 °C begrenzen (*hohes Vertrauen*). In der Wirtschaftsliteratur wird zwischen Grenzvermeidungskosten und gesamtwirtschaftlichen Minderungskosten unterschieden. Die Literatur zu gesamtwirtschaftlichen Kosten von 1,5 °C-Minderungspfaden ist begrenzt und wurde in diesem Bericht nicht bewertet. Es bestehen nach wie vor Wissenslücken in der integrierten Bewertung der gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen von Minderung in dem Umfang, wie er in Pfaden, welche die Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen, enthalten ist. {2.5.2, 2.6, Abbildung 2.26}

[16] Die dargestellten projizierten Landnutzungsänderungen werden in keinem der Pfade gleichzeitig bis an die jeweilige Obergrenze ausgereizt.

[17] Einschließlich zweier Pfade, die die Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, und von vier Pfaden mit hoher Überschreitung.

C.3 Alle Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, projizieren die Nutzung von Kohlendioxidentnahme (*Carbon Dioxide Removal*, CDR) in einer Größenordnung von 100–1 000 Gt CO_2 im Verlauf des 21. Jahrhunderts. CDR würde genutzt werden, um verbleibende Emissionen auszugleichen, und um – in den meisten Fällen – netto negative Emissionen zu erzielen, um die globale Erwärmung nach einem Höchststand wieder auf 1,5 °C zurückzubringen (*hohes Vertrauen*). Der Einsatz von CDR für mehrere hundert Gt CO_2 unterliegt vielfältigen Einschränkungen bezüglich Machbarkeit und Nachhaltigkeit (*hohes Vertrauen*). Bedeutende Emissionsminderungen in der nahen Zukunft und Maßnahmen zur Senkung von Energie- und Landbedarf können den CDR-Einsatz ohne Abhängigkeit von Bioenergie mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (*Bioenergy With Carbon Capture and Storage*, BECCS) auf ein paar hundert Gt CO_2 begrenzen (*hohes Vertrauen*). {2.3, 2.4, 3.6.2, 4.3, 5.4}

C.3.1 Zu bestehenden und potenziellen CDR-Maßnahmen gehören unter anderem Aufforstung und Wiederaufforstung, Landrenaturierung und Kohlenstoffsequestrierung in Böden, BECCS, direkte Abscheidung von Kohlendioxid aus der Luft mit anschließender Speicherung (*Direct Air Carbon Capture and Storage*, DACCS) sowie beschleunigte Verwitterung und Ozean-Alkalisierung. Diese Maßnahmen unterscheiden sich stark hinsichtlich der technologischen Ausreifung, des Potenzials, der Kosten, der Risiken, positiver Nebeneffekte und von Zielkonflikten (*hohes Vertrauen*). Bislang beziehen nur wenige veröffentlichte Pfade andere CDR-Maßnahmen als Aufforstung und BECCS ein. {2.3.4, 3.6.2, 4.3.2, 4.3.7}

C.3.2 In Pfaden, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, wird der Einsatz von BECCS in den Jahren 2030, 2050 und 2100 Projektionen zufolge jeweils 0–1, 0–8 bzw. 0–16 Gt CO_2/Jahr betragen, während CDR-Maßnahmen im Zusammenhang mit Landwirtschaft, Forstwirtschaft und anderer Landnutzung (AFOLU) laut Projektionen in diesen Jahren 0–5, 1–11 bzw. 1–5 Gt CO_2/Jahr entnehmen werden (*mittleres Vertrauen*). Das obere Ende dieser Einsatzbandbreiten überschreitet bis Mitte des Jahrhunderts das anhand jüngster Literatur bewertete BECCS-Potenzial von bis zu 5 Gt CO_2/Jahr und das Aufforstungspotenzial von bis zu 3,6 Gt CO_2/Jahr (*mittleres Vertrauen*). Manche Pfade vermeiden den Einsatz von BECCS vollständig über nachfrageseitige Maßnahmen und eine größere Abhängigkeit von AFOLU-bezogenen CDR-Maßnahmen (*mittleres Vertrauen*). Die Nutzung von Bioenergie kann aufgrund ihres Potenzials als Ersatz für fossile Brennstoffe in allen Sektoren bei einem Ausschluss von BECCS ebenso hoch oder sogar noch höher ausfallen als unter Einbezug von BECCS (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3b) {2.3.3, 2.3.4, 2.4.2, 3.6.2, 4.3.1, 4.2.3, 4.3.2, 4.3.7, 4.4.3, Tabelle 2.4}

C.3.3 Pfade mit Überschreitung von 1,5 °C globaler Erwärmung sind darauf angewiesen, dass CDR die verbleibenden CO_2-Emissionen später in diesem Jahrhundert übersteigt, um bis zum Jahr 2100 wieder auf unter 1,5 °C zu sinken, wobei größere Überschreitungen mehr CDR benötigen (Abbildung SPM.3) (*hohes Vertrauen*). Einschränkungen bezüglich der Geschwindigkeit, des Ausmaßes und der gesellschaftlichen Akzeptanz eines CDR-Einsatzes bestimmen die Fähigkeit, die globale Erwärmung nach einer Überschreitung wieder auf unter 1,5 °C herabzusetzen. Die Kenntnisse über den Kohlenstoffzyklus und das Klimasystem sind hinsichtlich der Wirksamkeit von netto negativen Emissionen zur erneuten Senkung von Temperaturen nach einem Höchststand immer noch begrenzt (*hohes Vertrauen*). {2.2, 2.3.4, 2.3.5, 2.6, 4.3.7, 4.5.2, Tabelle 4.11}

C.3.4 Die meisten aktuellen und potenziellen CDR-Maßnahmen könnten im Falle eines umfangreichen Einsatzes bedeutende Folgen für Land, Energie, Wasser oder Nährstoffe haben (*hohes Vertrauen*). Aufforstung und Bioenergie können mit anderen Landnutzungen konkurrieren und erhebliche Folgen für Landwirtschafts- und Ernährungssysteme, biologische Vielfalt sowie andere Ökosystemfunktionen und -leistungen haben (*hohes Vertrauen*). Eine effektive Steuerung ist erforderlich, um solche Zielkonflikte zu begrenzen und die Beständigkeit der Kohlenstoffentnahme und permanente Speicherung in terrestrischen, geologischen und ozeanischen Reservoirs sicherzustellen (*hohes Vertrauen*). Machbarkeit und Nachhaltigkeit von CDR-Nutzung könnten gesteigert werden, indem ein Portfolio an Optionen in zwar wesentlichen, jedoch geringeren Maßstäben umgesetzt würde statt einer einzelnen Option in sehr großem Umfang (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3b) {2.3.4, 2.4.4, 2.5.3, 2.6, 3.6.2, 4.3.2, 4.3.7, 4.5.2, 5.4.1, 5.4.2; Cross-Chapter-Boxen 7 und 8 in Kapitel 3, Tabelle 4.11, Tabelle 5.3, Abbildung 5.3}

C.3.5 Manche AFOLU-bezogene CDR-Maßnahmen wie die Renaturierung natürlicher Ökosysteme und die Kohlenstoffsequestrierung in Böden könnten positive Nebeneffekte wie gesteigerte biologische Vielfalt, Bodenqualität und lokale Ernährungssicherheit bieten. Im Falle eines umfangreichen Einsatzes würden sie Regulierungssysteme benötigen, die ein nachhaltiges Landmanagement ermöglichen, um Kohlenstoffbestände an Land und andere Ökosystemfunktionen und -leistungen zu erhalten und zu schützen (*mittleres Vertrauen*). (Abbildung SPM.4) {2.3.3, 2.3.4, 2.4.2, 2.4.4, 3.6.2, 5.4.1, Cross-Chapter-Boxen 3 in Kapitel 1 und 7 in Kapitel 3, 4.3.2, 4.3.7, 4.4.1, 4.5.2, Tabelle 2.4}

SPM

D. Stärkung der weltweiten Reaktion im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut

D.1 Schätzungen der globalen Emissionen infolge der derzeitigen national festgelegten Minderungsziele, wie im Rahmen des Pariser Abkommens eingereicht, legen für das Jahr 2030 globale Treibhausgasemissionen[18] von 52–58 Gt CO_2Äq pro Jahr nahe (*mittleres Vertrauen*). Pfade, die diese Ziele widerspiegeln, würden die globale Erwärmung nicht auf 1,5°C begrenzen, selbst wenn sie nach 2030 durch sehr anspruchsvolle Steigerungen des Umfangs und der Ziele der Emissionsminderungen ergänzt würden (*hohes Vertrauen*). Eine Überschreitung und Abhängigkeit von zukünftig großflächigem Einsatz von Kohlendioxidentnahme (CDR) kann nur vermieden werden, wenn die globalen CO_2-Emissionen lange vor 2030 zu sinken beginnen (*hohes Vertrauen*). {1.2, 2.3, 3.3, 3.4, 4.2, 4.4, Cross-Chapter-Box 11 in Kapitel 4}

D.1.1 Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen, weisen bis zum Jahr 2030 eindeutige Emissionsminderungen auf (*hohes Vertrauen*). Alle bis auf einen zeigen einen Rückgang der globalen Treibhausgasemissionen auf weniger als 35 Gt CO_2Äq/Jahr im Jahr 2030, und die Hälfte der zur Verfügung stehenden Pfade liegt im Bereich zwischen 25 und 30 Gt CO_2Äq/Jahr (Interquartilbereich), ein Rückgang um 40–50 % gegenüber den Werten im Jahr 2010 (*hohes Vertrauen*). Pfade, welche die aktuellen national festgelegten Minderungsziele bis 2030 widerspiegeln, stimmen grob mit kosteneffektiven Pfaden überein, die zu einer globalen Erwärmung von etwa 3 °C bis zum Jahr 2100 und weiterer Erwärmung danach führen (*mittleres Vertrauen*). {2.3.3, 2.3.5, Cross-Chapter-Box 11 in Kapitel 4, 5.5.3.2}

D.1.2 Entwicklungsverläufe mit Überschreitung führen zu größeren Folgen und damit verbundenen Herausforderungen als Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5 °C begrenzen (*hohes Vertrauen*). Die Erwärmung nach einer Überschreitung von 0,2 °C oder mehr in diesem Jahrhundert umzukehren, würde einen Ausbau und Einsatz von CDR mit einer Geschwindigkeit und in einem Ausmaß voraussetzen, die angesichts der beträchtlichen Herausforderungen bei der Umsetzung womöglich nicht erreichbar sind (*mittleres Vertrauen*). {1.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.1, 3.3, 4.3.7, Cross-Chapter-Box 8 in Kapitel 3, Cross-Chapter-Box 11 in Kapitel 4}

D.1.3 Je geringer die Emissionen im Jahr 2030, desto geringer die Schwierigkeit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C ohne oder mit geringer Überschreitung nach 2030 (*hohes Vertrauen*). Zu den Herausforderungen, die durch verzögerte Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasemissionen entstehen, gehören das Risiko einer Kosteneskalation, ein Anbindeeffekt (*lock-in*) an CO_2-emittierende Infrastruktur, „gestrandete Vermögenswerte" (*stranded assets*) und eine mittel- bis langfristig geringere Flexibilität bezüglich zukünftiger Reaktionsmöglichkeiten (*hohes Vertrauen*). Diese Herausforderungen verstärken möglicherweise unausgewogene Verteilungseffekte zwischen einzelnen Ländern in unterschiedlichen Entwicklungsstadien (*mittleres Vertrauen*). {2.3.5, 4.4.5, 5.4.2}

D.2 Die vermiedenen Folgen des Klimawandels für nachhaltige Entwicklung, Armutsbeseitigung und Verringerung von Ungleichheiten wären größer, wenn die globale Erwärmung auf 1,5 °C begrenzt würde statt auf 2 °C, falls Minderungs- und Anpassungssynergien maximiert und gleichzeitig Zielkonflikte minimiert werden (*hohes Vertrauen*). {1.1, 1.4, 2.5, 3.3, 3.4, 5.2, Tabelle 5.1}

D.2.1 Klimawandelfolgen und -reaktionen sind eng mit nachhaltiger Entwicklung verbunden, die das gesellschaftliche Wohl, wirtschaftlichen Wohlstand und Umweltschutz miteinander in Einklang bringt. Die 2015 verabschiedeten Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (*United Nations Sustainable Development Goals*, SDGs) bieten einen anerkannten Rahmen zur Bewertung der Verknüpfungen zwischen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C oder 2 °C und den Entwicklungszielen, zu denen die Armutsbeseitigung, die Verringerung von Ungleichheiten und der Klimaschutz gehören. (*hohes Vertrauen*) {Cross-Chapter-Box 4 in Kapitel 1, 1.4, 5.1}

D.2.2 Die Berücksichtigung von Ethik und Gleichstellung kann helfen, die ungleiche Verteilung nachteiliger Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C oder höher anzugehen, wie auch derjenigen von Minderung und Anpassung, insbesondere für arme und benachteiligte Bevölkerungsgruppen in allen Gesellschaften (*hohes Vertrauen*). {1.1.1, 1.1.2, 1.4.3, 2.5.3, 3.4.10, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, Cross-Chapter-Box 4 in Kapitel 1, Cross-Chapter-Boxen 6 und 8 in Kapitel 3 und Cross-Chapter-Box 12 in Kapitel 5}

D.2.3 Minderung und Anpassung im Einklang mit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C werden durch begünstigende Rahmenbedingungen unterstützt, wie sie im SR1.5 für alle geophysischen, ökologischen, technologischen, ökonomischen, soziokulturellen und institutionellen Dimensionen der Machbarkeit untersucht wurden. Gestärkte mehrstufige politische Steuerung

[18] Die Treibhausgasemissionen wurden mit den 100-Jahres-GWP-Werten (*Global Warming Potential*), wie im Zweiten Sachstandsbericht des IPCC eingeführt, aggregiert.

und Koordination, institutionelle Kapazitäten, politische Instrumente, technologische Innovationen und Transfer und Mobilisierung von finanziellen Mitteln sowie Veränderungen in menschlichem Verhalten und Lebensstilen stellen begünstigende Rahmenbedingungen dar, welche die Machbarkeit von Minderungs- und Anpassungsoptionen für Systemübergänge im Einklang mit 1,5 °C steigern. (*hohes Vertrauen*) {1.4, Cross-Chapter-Box 3 in Kapitel 1, 4.4, 4.5, 5.6}

D.3 Anpassungsmöglichkeiten, die den nationalen Kontext berücksichtigen, werden – falls mitsamt förderlicher Bedingungen sorgfältig ausgewählt – bei einer globalen Erwärmung von 1,5°C Vorteile für nachhaltige Entwicklung und die Armutsbekämpfung haben, auch wenn Zielkonflikte möglich sind (*hohes Vertrauen*). {1.4, 4.3, 4.5}

D.3.1 Anpassungsoptionen, welche die Verwundbarkeit von menschlichen und natürlichen Systemen verringern, haben – falls gut organisiert – viele Synergien mit nachhaltiger Entwicklung, wie die Gewährleistung von Ernährungssicherheit und Wasserversorgung, die Senkung des Katastrophenrisikos, die Verbesserung des Gesundheitszustands, die Aufrechterhaltung von Ökosystemleistungen und die Verringerung von Armut und Ungleichheit (*hohes Vertrauen*). Steigende Investitionen in physische und gesellschaftliche Infrastruktur stellen eine Schlüsselbedingung für die Förderung der Resilienz und des Anpassungsvermögens von Gesellschaften dar. Diese Vorteile können sich bei einer Anpassung an eine globale Erwärmung um 1,5 °C in den meisten Regionen ergeben (*hohes Vertrauen*). {1.4.3, 4.2.2, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.3, 4.5.3, 5.3.1, 5.3.2}

D.3.2 Anpassung an 1,5 °C globale Erwärmung kann auch in Zielkonflikte oder Fehlanpassungen mit schädlichen Folgen für die nachhaltige Entwicklung münden. Zum Beispiel können Anpassungsprojekte in vielen Sektoren – falls schlecht konzipiert oder umgesetzt – Treibhausgasemissionen und den Wasserverbrauch erhöhen, Ungleichheiten zwischen Geschlechtern und sozialen Schichten verstärken, den Gesundheitszustand untergraben und natürliche Ökosysteme beeinträchtigen (*hohes Vertrauen*). Diese Zielkonflikte können durch Anpassungen verringert werden, in denen Armut und nachhaltiger Entwicklung Aufmerksamkeit gewidmet wird (*hohes Vertrauen*). {4.3.2, 4.3.3, 4.5.4, 5.3.2; Cross-Chapter-Boxen 6 und 7 in Kapitel 3}

D.3.3 Eine Mischung von Anpassungs- und Minderungsoptionen zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C kann – wenn partizipativ und integrativ durchgeführt – zügige Systemübergänge in städtischen und ländlichen Räumen ermöglichen (*hohes Vertrauen*). Diese sind am effektivsten, wenn sie an wirtschaftlicher und nachhaltiger Entwicklung ausgerichtet sind, und wenn lokale und regionale Regierungen und Entscheidungsträger durch die nationalen Regierungen unterstützt werden (*mittleres Vertrauen*). {4.3.2, 4.3.3, 4.4.1, 4.4.2}

D.3.4 Anpassungsoptionen, die zugleich Emissionen mindern, können Synergien und Kosteneinsparungen in den meisten Sektoren und Systemübergängen mit sich bringen, beispielsweise wenn Landmanagement die Emissionen und das Katastrophenrisiko senkt, oder wenn kohlenstoffarme Gebäude auch für effiziente Kühlung konstruiert sind. Zielkonflikte zwischen Minderung und Anpassung können bei der Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C die Ernährungssicherheit, Lebensgrundlagen, Ökosystemfunktionen und -leistungen sowie andere Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung untergraben, zum Beispiel wenn Bioenergiepflanzen, Aufforstung und Wiederaufforstung auf Landflächen übergreifen, die für landwirtschaftliche Anpassung benötigt werden. (*hohes Vertrauen*) {3.4.3, 4.3.2, 4.3.4, 4.4.1, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4}

D.4 Minderungsmöglichkeiten im Einklang mit 1,5 °C-Pfaden sind mit zahlreichen Synergien und Zielkonflikten in Bezug auf die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (*Sustainable Development Goals*, SDGs) verbunden. Während die Gesamtzahl der möglichen Synergien die Anzahl der Zielkonflikte übersteigt, wird ihre Nettowirkung von Geschwindigkeit und Ausmaß der Veränderungen, der Zusammensetzung des Minderungsportfolios und der Handhabung des Systemübergangs abhängen. (*hohes Vertrauen*) (Abbildung SPM.4) {2.5, 4.5, 5.4}

D.4.1 1,5 °C-Pfade bieten belastbare Synergien insbesondere im Hinblick auf die SDGs 3 (Gesundheit), 7 (Saubere Energie), 11 (Städte und Gemeinden), 12 (Nachhaltigen Konsum und Produktion) und 14 (Ozeane) (*sehr hohes Vertrauen*). Manche 1,5 °C-Pfade weisen im Hinblick auf die SDGs 1 (Armut), 2 (Hunger), 6 (Wasser) und 7 (Energiezugang) potenzielle Zielkonflikte mit Minderung auf, falls sie nicht sorgfältig gehandhabt werden (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.4) {5.4.2.; Abbildung 5.4, Cross-Chapter-Boxen 7 und 8 in Kapitel 3}

D.4.2 1,5 °C-Pfade, die einen geringen Energiebedarf (siehe exemplarisch P1 in Abbildungen SPM.3a und SPM.3b), einen niedrigen Materialverbrauch und einen geringen Konsum treibhausgasintensiver Lebensmittel vorsehen, weisen die deutlichsten Synergien und die niedrigste Anzahl an Zielkonflikten bezüglich nachhaltiger Entwicklung und der SDGs auf (*hohes Vertrauen*). Solche Pfade würden die Abhängigkeit von CDR verringern. In modellierten Pfaden können nachhaltige Entwicklung, Armutsbeseitigung und die Verringerung von Ungleichheit die Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C unterstützen (*hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.3b, Abbildung SPM.4) {2.4.3, 2.5.1, 2.5.3, Abbildung 2.4, Abbildung 2.28, 5.4.1, 5.4.2, Abbildung 5.4}

Indikative Verknüpfungen zwischen Minderungsoptionen und nachhaltiger Entwicklung unter Verwendung der *Sustainable Development Goals* (SDGs)

(Die Verknüpfungen zeigen keine Kosten und Nutzen)

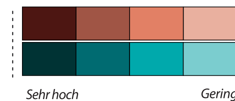
In jedem Sektor können die angewendeten Minderungsoptionen mit möglichen positiven Auswirkungen (Synergien) oder negativen Auswirkungen (Zielkonflikten) bezüglich der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) verbunden sein. Inwieweit dieses Potenzial verwirklicht wird, wird von dem gewählten Portfolio an Minderungsoptionen, der Gestaltung der politischen Minderungsstrategie und von lokalen Gegebenheiten und Kontext abhängen. Insbesondere im Energiebedarfssektor ist das Potenzial für Synergien größer als für Zielkonflikte. Die Balken gruppieren einzeln bewertete Optionen nach Vertrauensniveau und berücksichtigen die relative Stärke der bewerteten Verknüpfungen zwischen Minderung und SDG.

Länge zeigt Verbindungsstärke



Die gesamte **Größe der farbigen Balken** stellt **das relative Potenzial** für Synergien und Zielkonflikte zwischen den sektoralen Mindeurngsoptionen und den SDGs dar.

Schattierung zeigt Vertrauensniveau



Die Schattierungen stellen **das Vertrauensniveau** des bewerteten Potenzials für **Zielkonflikte/Synergien** dar.

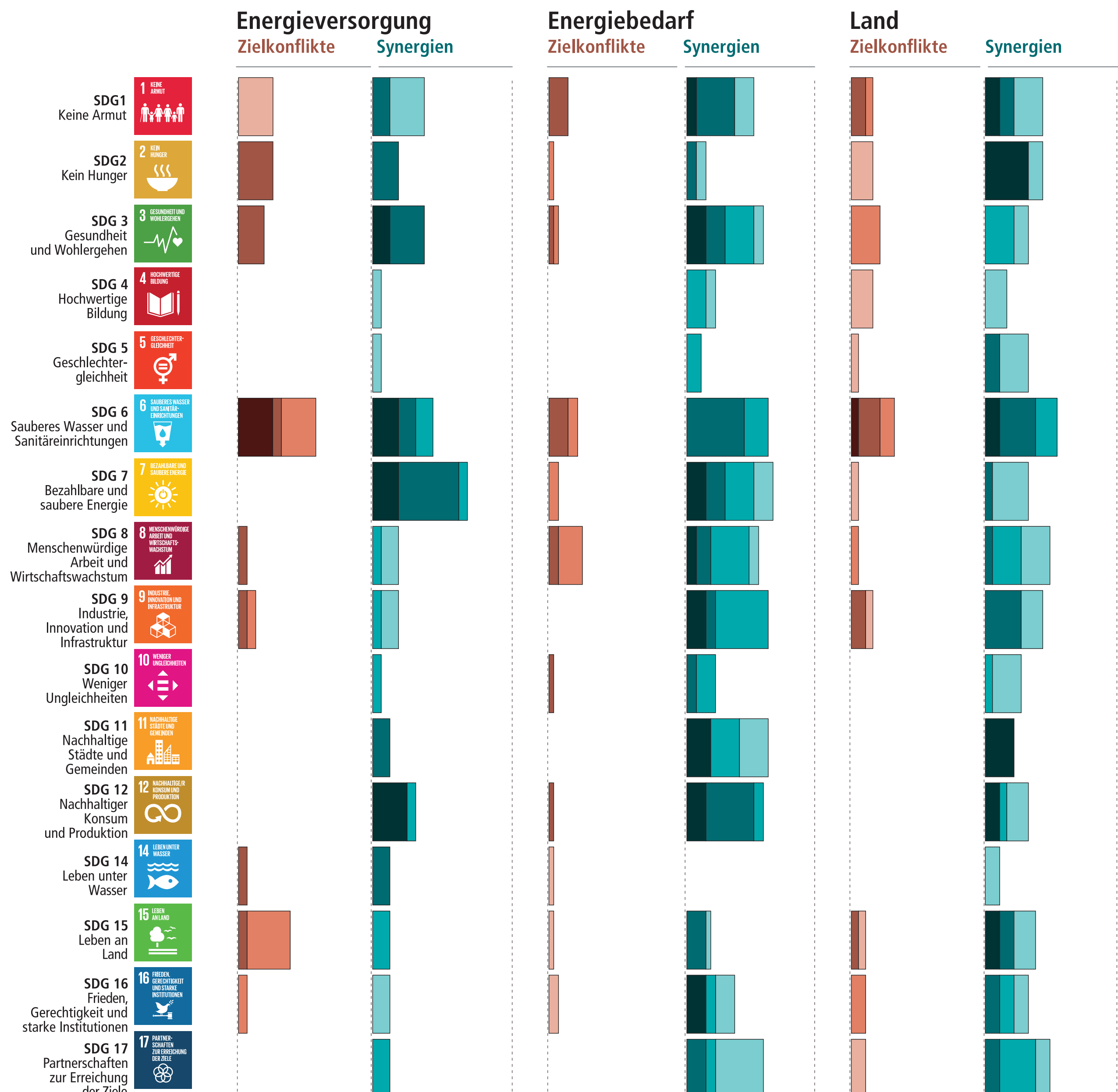


Abbildung SPM.4 | Potenzielle Synergien und Zielkonflikte zwischen den branchenspezifischen Portfolios an Optionen zur Minderung des Klimawandels und den Zielen für nachhaltige Entwicklung (*Sustainable Development Goals*, SDGs). Die SDGs dienen als Analyserahmen für die Bewertung der verschiedenen Dimensionen nachhaltiger Entwicklung, die über den Zeitrahmen der SDG-Ziele für 2030 hinausgehen. Die Bewertung beruht auf Literatur zu Minderungsoptionen, die als relevant bezüglich 1,5 °C erachtet werden. Die Einschätzung der Stärke der SDG-Wechselwirkungen fußt auf der qualitativen und quantitativen Bewertung einzelner Minderungsoptionen, die in Tabelle 5.2 aufgeführt sind. Für jede Minderungsoption wurden die Stärke der SDG-Verknüpfung sowie das entsprechende Vertrauen in der zugrundeliegenden Literatur (Grün- und Rottöne) bewertet. Die Stärke von positiven (Synergien) und negativen Verknüpfungen (Zielkonflikten) aller Einzeloptionen innerhalb eines Sektors (siehe Tabelle 5.2) werden für das gesamte Minderungsportfolio zu sektoralen Potenzialen zusammengefasst. Die (weißen) Flächen außerhalb der Balken, die keine Wechselwirkungen anzeigen, weisen aufgrund der Unsicherheit und begrenzten Anzahl an Studien, die indirekte Auswirkungen untersuchen, ein *geringes Vertrauen* auf. Die Stärke der Verknüpfung berücksichtigt nur die Auswirkungen von Minderung und bezieht keinerlei Nutzen vermiedener Folgen mit ein. SDG 13 (Klimaschutz) ist nicht aufgeführt, da Minderung in Bezug auf Wechselwirkungen mit den SDGs betrachtet wird und nicht umgekehrt. Die Balken zeigen die Stärke der Verknüpfung an und berücksichtigen das Ausmaß der Folgen für die SDGs nicht. Der Sektor „Energiebedarf" umfasst Verhaltensänderungen, Brennstoffumstellung und Effizienzoptionen in den Sektoren Verkehr, Industrie und Bau sowie Kohlendioxidabscheidungsoptionen im Industriesektor. Zu den bewerteten Optionen aus dem Energieversorgungssektor gehören erneuerbare Energien (Biomasse und Nicht-Biomasse), Kernenergie, CCS mit Bioenergie und CCS mit fossilen Brennstoffen. Optionen im Landsektor umfassen land- und forstwirtschaftliche Optionen, nachhaltige Ernährung und geringere Lebensmittelverschwendung, Sequestrierung im Boden, Nutztierhaltung und Düngewirtschaft, geringere Abholzung, Aufforstung und Wiederaufforstung sowie verantwortungsbewusste Beschaffung. Zusätzlich zu dieser Abbildung werden Optionen im Ozeansektor im zugrundeliegenden Bericht behandelt. {5.4, Tabelle 5.2, Abbildung 5.2}

Informationen über die Nettofolgen von Minderung für nachhaltige Entwicklung in 1,5 °C-Pfaden stehen nur für eine begrenzte Anzahl an SDGs und Minderungsoptionen zur Verfügung. Nur wenige Studien haben die Nutzen vermiedener Klimafolgen von 1,5 °C-Pfaden für die SDGs oder die Nebeneffekte von Anpassung auf Minderung und die SDGs untersucht. Die Bewertung der indikativen Minderungspotenziale in Abbildung SPM.4 stellt gegenüber dem AR5 einen Schritt weiter hin zu einer umfassenderen und integrierten Bewertung in der Zukunft dar.

D.4.3 Modellierte 1,5 °C- und 2 °C-Pfade setzen oft den Einsatz großflächiger landbasierte Maßnahmen wie Aufforstung und Bereitstellung von Bioenergie voraus, die – wenn mangelhaft durchgeführt – mit der Lebensmittelproduktion konkurrieren und daher Bedenken im Hinblick auf die Ernährungssicherheit auslösen können (*hohes Vertrauen*). Die Folgen von Optionen zur Kohlendioxidentnahme (*Carbon Dioxide Removal*, CDR) für die SGDs hängen von der Art der Optionen und dem Ausmaß ihres Einsatzes ab (*hohes Vertrauen*). Falls sie mangelhaft umgesetzt würden, hätten CDR-Optionen wie BECCS- und AFOLU-Optionen Zielkonflikte zur Folge. Kontextbezogene Gestaltung und Umsetzung müssen die Bedürfnisse der Bevölkerung, der biologischen Vielfalt und anderer Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung berücksichtigen (*sehr hohes Vertrauen*). (Abbildung SPM.4) {5.4.1.3, Cross-Chapter-Box 7 in Kapitel 3}

D.4.4 Minderung im Einklang mit 1,5 °C-Pfaden schafft Risiken für die nachhaltige Entwicklung in Regionen mit hoher Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zur Einkommensgenerierung und zur Schaffung von Arbeitsplätzen (*hohes Vertrauen*). Politische Strategien, die eine Diversifizierung des Wirtschafts- und des Energiesektors fördern, können die damit verbundenen Herausforderungen angehen (*hohes Vertrauen*). {5.4.1.2, Box 5.2}

D.4.5 Politikmaßnahmen, die über Sektoren und Bevölkerungsgruppen hinweg Verteilungseffekte adressieren, um Arme und Verwundbare zu schützen, können Zielkonflikte für eine Reihe von SDGs, insbesondere Hunger, Armut und Energiezugang, auflösen. Der Investitionsbedarf für solche begleitenden Programme stellt nur einen kleinen Bruchteil der gesamten Minderungsinvestitionen in 1,5 °C-Pfaden dar. (*hohes Vertrauen*) {2.4.3, 5.4.2, Abbildung 5.5}

D.5 Die Begrenzung der Risiken einer globalen Erwärmung um 1,5 °C im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung und Armutsbeseitigung setzt Systemübergänge voraus, die durch eine Erhöhung der Anpassungs- und Minderungsinvestitionen, politische Instrumente, die Beschleunigung von Technologieinnovation und Verhaltensänderungen ermöglicht werden können (*hohes Vertrauen*). {2.3, 2.4, 2.5, 3.2, 4.2, 4.4, 4.5, 5.2, 5.5, 5.6}

D.5.1 Eine Umlenkung finanzieller Mittel in Richtung von Investitionen in Infrastruktur für Minderung und Anpassung könnte zusätzliche Ressourcen bereitstellen. Hierfür könnten private Mittel durch institutionelle Investoren, Vermögensverwalter und Entwicklungs- oder Anlagebanken mobilisiert oder auch öffentliche Gelder bereitgestellt werden. Eine Regierungspolitik, die das Risiko von Investitionen in emissionsarme Optionen und Anpassung senkt, kann die Mobilisierung von privaten Mitteln fördern und die Wirksamkeit anderer öffentlicher Programme stärken. Studien weisen auf mehrere Herausforderungen hin, darunter den Zugang zu Finanzierung und die Mobilisierung von Mitteln. (*hohes Vertrauen*) {2.5.2, 4.4.5}

D.5.2 Anpassungsfinanzierung im Einklang mit einer globalen Erwärmung um 1,5 °C ist schwer zu beziffern und schwer mit 2 °C zu vergleichen. Zu den Wissenslücken gehören unzureichende Daten für die Berechnung von spezifischen Investitionen zur Verbesserung der Klimaresilienz aus der Bereitstellung derzeit unterfinanzierter Basisinfrastruktur. Schätzungen der Anpassungskosten könnten für eine Erwärmung von 1,5 °C geringer ausfallen als bei 2 °C. Bislang wurden Anpassungsbedarfe üblicherweise durch Quellen aus dem öffentlichen Sektor wie nationalen und subnationalen Regierungshaushalten unterstützt, beziehungsweise in

Entwicklungsländern zusammen mit Unterstützung durch Entwicklungshilfe, multilaterale Entwicklungsbanken und UNFCCC-Kanäle (*mittleres Vertrauen*). In jüngerer Zeit wächst das Verständnis über das Ausmaß und die Zunahme von Förderung durch Nichtregierungsorganisationen und private Mittel in manchen Regionen (*mittleres Vertrauen*). Hemmnisse sind unter anderem das Ausmaß an Anpassungsfinanzierung, begrenzte Kapazitäten und Zugang zu Anpassungsfinanzierung (*mittleres Vertrauen*). {4.4.5, 4.6}

D.5.3 Globale Modellpfade, welche die globale Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen, beinhalten Projektionen zufolge einen durchschnittlichen jährlichen Investitionsbedarf in das Energiesystem von etwa 2,4 Billionen USD_{2010} zwischen 2016 und 2035, was etwa 2,5 % des weltweiten BIP entspricht (*mittleres Vertrauen*). {4.4.5, Box 4.8}

D.5.4 Politikinstrumente können dabei helfen, wachsende Ressourcen zu mobilisieren, unter anderem durch die Umschichtung von globalen Investitionen und Sparanlagen und durch markt- und nichtmarktbasierte Instrumente sowie durch begleitende Maßnahmen zur Sicherung eines gerechten Übergangs, unter Anerkennung der mit der Umsetzung verbundenen Herausforderungen, wie zum Beispiel Energiekosten, Wertminderung von Vermögen und Folgen für den internationalen Wettbewerb, und dem Ausschöpfen von Gelegenheiten zur Maximierung der Zusatznutzen (*hohes Vertrauen*). {1.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.1, 2.5.2, Cross-Chapter-Box 8 in Kapitel 3, Cross-Chapter-Box 11 in Kapitel 4, 4.4.5, 5.5.2}

D.5.5 Die Systemübergänge im Einklang mit der Anpassung an die und der Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C beinhalten die weitverbreitete Anwendung neuer und möglicherweise disruptiver Technologien und Methoden und eine verstärkte klimagetriebene Innovation. Diese bedingen verstärktes technologisches Innovationsvermögen, auch in Industrie und Finanzwesen. Sowohl nationale Innovationskonzepte als auch internationale Zusammenarbeit können zur Entwicklung, Kommerzialisierung und der weitverbreiteten Anwendung von Minderungs- und Anpassungstechnologien beitragen. Innovationsprogramme können noch effektiver sein, wenn sie öffentliche Unterstützung für Forschung und Entwicklung mit unterschiedlichen Programmen kombinieren, die Anreize für die Verbreitung von Technologien bieten. (*hohes Vertrauen*) {4.4.4, 4.4.5}

D.5.6 Bildungs-, Informations- und gemeindebasierte Ansätze, einschließlich derer, die auf indigenes Wissen und lokales Wissen zurückgreifen, können die umfassenden Verhaltensänderungen beschleunigen, die mit der Anpassung an die und der Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C im Einklang stehen. Diese Ansätze sind effektiver, wenn sie mit anderen Programmen kombiniert und auf die Motivationen, Fähigkeiten und Ressourcen der spezifischen Akteure und Kontexte zugeschnitten werden (*hohes Vertrauen*). Die öffentliche Akzeptanz kann die Umsetzung von politischen Strategien und Maßnahmen zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C und zur Anpassung an die Konsequenzen ermöglichen oder verhindern. Die öffentliche Akzeptanz hängt von der Beurteilung der erwarteten Konsequenzen der Strategien, der wahrgenommenen Fairness bei der Verteilung dieser Konsequenzen und der wahrgenommenen Fairness in den Entscheidungsverfahren durch jeden Einzelnen ab (*hohes Vertrauen*). {1.1, 1.5, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.3, Box 4.3, 5.5.3, 5.6.5}

D.6 Nachhaltige Entwicklung unterstützt und ermöglicht oft erst die grundlegenden Übergänge und Transformationen von Gesellschaften und Systemen, die helfen, die globale Erwärmung auf 1,5°C zu begrenzen. Solche Veränderungen erleichtern die Verfolgung klimaresilienter Entwicklungspfade, die in Verbindung mit der Armutsbeseitigung und Anstrengungen zur Verringerung von Ungleichheiten zu ehrgeiziger Minderung und Anpassung führen (*hohes Vertrauen*). {Box 1.1, 1.4.3, Abbildung 5.1, 5.5.3, Box 5.3}

D.6.1 Soziale Gerechtigkeit und Gleichstellung sind zwei Kernaspekte klimaresilienter Entwicklungspfade, die darauf abzielen, die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen, da sie Herausforderungen und unvermeidbare Zielkonflikte angehen, Möglichkeiten ausweiten und gewährleisten, dass Optionen, Visionen und Werte erwogen werden, zwischen und auch innerhalb von einzelnen Ländern und Gemeinschaften, ohne die Armen und Benachteiligten schlechter zu stellen (*hohes Vertrauen*). {5.5.2, 5.5.3, Box 5.3, Abbildung 5.1, Abbildung 5.6, Cross-Chapter-Boxen 12 und 13 in Kapitel 5}

D.6.2 Das Potenzial für klimaresiliente Entwicklungspfade unterscheidet sich aufgrund verschiedener Entwicklungskontexte und systemischer Verwundbarkeiten je nach Region und Nation (*sehr hohes Vertrauen*). Anstrengungen entlang solcher Pfade wurden bislang nur begrenzt unternommen (*mittleres Vertrauen*), und gesteigerte Anstrengungen würden von allen Ländern und nichtstaatlichen Akteuren stärkeres und rechtzeitiges Handeln erfordern (*hohes Vertrauen*). {5.5.1, 5.5.3, Abbildung 5.1}

D.6.3 Pfade, die mit nachhaltiger Entwicklung in Einklang stehen, weisen geringere Minderungs- und Anpassungsschwierigkeiten auf und sind mit geringeren Minderungskosten verbunden. Die große Mehrheit an Modellstudien konnte keine Pfade konstruieren, die sowohl von einem Mangel an internationaler Zusammenarbeit, von Ungleichheit und von Armut geprägt waren als auch die globale Erwärmung auf 1,5 °C begrenzen konnten. (*hohes Vertrauen*) {2.3.1, 2.5.1, 2.5.3, 5.5.2}

D.7 Die Stärkung der Kapazitäten nationaler und subnationaler Behörden, der Zivilgesellschaft, des Privatsektors, indigener Völker und lokaler Gemeinschaften für Maßnahmen zum Umgang mit dem Klimawandel kann die Umsetzung ehrgeiziger Maßnahmen unterstützen, welche für die Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C erforderlich sind (*hohes Vertrauen*). Internationale Zusammenarbeit kann ein unterstützendes Umfeld schaffen, damit dies in allen Ländern und für alle Menschen im Kontext nachhaltiger Entwicklung erreicht werden kann. Internationale Zusammenarbeit stellt einen kritischen Befähigungsfaktor für Entwicklungsländer und verwundbare Regionen dar (*hohes Vertrauen*). {1.4, 2.3, 2.5, 4.2, 4.4, 4.5, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5, Box 4.1, Box 4.2, Box 4.7, Box 5.3, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, Cross-Chapter-Box 13 in Kapitel 5}

D.7.1 Partnerschaften unter nichtstaatlichen öffentlichen und privaten Akteuren, institutionellen Investoren, dem Bankensystem, der Zivilgesellschaft und wissenschaftlichen Einrichtungen würden Maßnahmen und Reaktionen fördern, die mit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C im Einklang stehen (*sehr hohes Vertrauen*). {1.4, 4.4.1, 4.2.2, 4.4.3, 4.4.5, 4.5.3, 5.4.1, 5.6.2, Box 5.3}

D.7.2 Zusammenarbeit bei einer gestärkten rechenschaftspflichtigen, mehrstufigen politischen Steuerung und Koordination, die nichtstaatliche Akteure wie die Industrie, die Zivilgesellschaft und wissenschaftliche Einrichtungen mit einschließt, sowie bei koordinierten sektoralen und sektorübergreifenden Programmen auf verschiedenen Verwaltungsebenen, geschlechtersensiblen Regelungen, Finanzierung einschließlich innovativer Finanzierung und von Zusammenarbeit in der Technologieentwicklung und -verbreitung, kann Teilnahme, Transparenz, Kapazitätsaufbau und Lernprozesse unter verschiedenen Akteuren gewährleisten (*hohes Vertrauen*). {2.5.1, 2.5.2, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.5.3, Cross-Chapter-Box 9 in Kapitel 4, 5.3.1, 4.4.5, 5.5.3, Cross-Chapter-Box 13 in Kapitel 5, 5.6.1, 5.6.3}

D.7.3 Internationale Zusammenarbeit stellt eine wesentliche Voraussetzung für Entwicklungsländer und verwundbare Regionen dar, um deren Maßnahmen zur Umsetzung von 1,5 °C-konsistenten Reaktionen auf den Klimawandel zu stärken, zum Beispiel durch Verbesserung des Zugangs zu Finanzierung und Technologie und durch die Stärkung nationaler Kapazitäten unter Berücksichtigung der nationalen und lokalen Gegebenheiten und Bedürfnisse (*hohes Vertrauen*). {2.3.1, 2.5.1, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4, 4.4.5, 5.4.1, 5.5.3, 5.6.1, Box 4.1, Box 4.2, Box 4.7}

D.7.4 Gemeinsame Anstrengungen auf allen Ebenen in Richtung einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C, deren Realisierung verschiedene Umstände und Fähigkeiten reflektiert, können unter Berücksichtigung sowohl von Gleichstellung als auch von Wirksamkeit zur Stärkung der globalen Reaktion auf den Klimawandel, zum Erzielen von nachhaltiger Entwicklung und zur Beseitigung von Armut beitragen (*hohes Vertrauen*). {1.4.2, 2.3.1, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.5.3, 5.3.1, 5.4.1, 5.5.3, 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3}

Box SPM.1: Für diesen Sonderbericht wichtige Kernkonzepte

Mittlere globale Oberflächentemperatur: Geschätzter globaler Durchschnitt der oberflächennahen Lufttemperatur über Land und Meereis und der Meeresoberflächentemperaturen über eisfreien Ozeanregionen, wobei Änderungen normalerweise als Abweichungen von einem Wert über einen bestimmten Referenzzeitraum ausgedrückt werden. Für die Abschätzung von Änderungen der mittleren globalen Oberflächentemperatur werden auch Änderungen der oberflächennahen Lufttemperatur über Land und Ozean verwendet.[19] {1.2.1.1}

Vorindustriell: Der mehrere Jahrhunderte umfassende Zeitraum vor Beginn industrieller Aktivitäten im großen Maßstab um 1750. Der Bezugszeitraum 1850–1900 wird als Annäherung für die vorindustrielle mittlere globale Oberflächentemperatur genutzt. {1.2.1.2}

Globale Erwärmung: Die geschätzte Zunahme der mittleren globalen Oberflächentemperatur, gemittelt über einen Zeitraum von 30 Jahren, oder über einen Zeitraum von 30 Jahren, in dessen Mitte ein bestimmtes Jahr oder Jahrzehnt liegt, ausgedrückt relativ zum vorindustriellen Niveau, falls nicht anders angegeben. Für 30-Jahres-Zeiträume, die sich über vergangene und zukünftige Jahre erstrecken, wird davon ausgegangen, dass sich der aktuelle, über mehrere Jahrzehnte beobachtete Erwärmungstrend fortsetzt. {1.2.1}

Netto null CO_2-Emissionen: Netto null Kohlendioxid-(CO_2-)Emissionen sind erreicht, wenn die anthropogenen CO_2-Emissionen global durch anthropogene CO_2-Entnahmen über einen bestimmten Zeitraum ausgeglichen werden.

Kohlendioxidentnahme (*Carbon Dioxide Removal*, CDR): Anthropogene Aktivitäten, die der Atmosphäre CO_2 entnehmen und es dauerhaft in geologischen, terrestrischen oder ozeanischen Reservoirs oder in Produkten lagern. Dazu gehören die bestehende und die potenzielle anthropogene Verstärkung biologischer oder geochemischer Senken und die direkte Abscheidung von Kohlendioxid aus der Luft mit anschließender Speicherung, nicht jedoch die natürliche Aufnahme von CO_2, die keine direkte Folge menschlicher Aktivitäten ist.

Gesamtes Kohlenstoffbudget: Geschätzte kumulative globale anthropogene Netto-CO_2-Emissionen seit vorindustrieller Zeit bis zu dem Zeitpunkt, an dem anthropogene CO_2-Emissionen netto null erreichen, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit und unter Berücksichtigung der Folgen anderer anthropogener Emissionen zu einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau führen würden. {2.2.2}

Verbleibendes Kohlenstoffbudget: Geschätzte kumulative globale anthropogene Netto-CO_2-Emissionen von einem bestimmten Anfangszeitpunkt bis zu dem Zeitpunkt, an dem anthropogene CO_2-Emissionen netto null erreichen, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit und unter Berücksichtigung der Folgen anderer anthropogener Emissionen zu einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau führen würden. {2.2.2}

Temperaturüberschreitung (*temperature overshoot*): Die zeitweise Überschreitung eines bestimmten Niveaus globaler Erwärmung.

Emissionspfade: In dieser Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger werden die modellierten Entwicklungsverläufe der globalen anthropogenen Emissionen über das 21. Jahrhundert hinweg als Emissionspfade bezeichnet. Emissionspfade werden nach ihrem Temperaturverlauf im 21. Jahrhundert klassifiziert: Pfade, die basierend auf dem aktuellen Wissen die globale Erwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 50 % auf unter 1,5 °C begrenzen, werden als „ohne Überschreitung" klassifiziert, diejenigen, welche die Erwärmung auf unter 1,6 °C begrenzen und bis 2100 auf 1,5 °C zurückkehren, werden als „geringe Überschreitung" klassifiziert, während solche, die über 1,6 °C hinausgehen, aber bis 2100 immer noch auf 1,5 °C zurückkehren, als „höhere Überschreitung" klassifiziert werden.

Folgen: Wirkungen des Klimawandels auf menschliche und natürliche Systeme. Folgen können vorteilhafte oder nachteilige Auswirkungen auf Lebensgrundlagen, Gesundheit und Wohlergehen, Ökosysteme und Arten, Dienstleistungen, Infrastrukturen sowie wirtschaftliche, soziale und kulturelle Güter haben.

[19] Frühere IPCC-Berichte haben basierend auf der Literatur eine Vielzahl von ungefähr gleichwertigen Maßsystemen für die Änderung der mittleren globalen Oberflächentemperatur verwendet.

Risiko: Das Potenzial für nachteilige Konsequenzen für natürliche und menschliche Systeme durch eine klimabedingte Gefährdung, das sich aus den Wechselwirkungen der Gefährdung mit der Vulnerabilität und Exposition des betroffenen Systems ergibt. Risiko integriert die Wahrscheinlichkeit, einer Gefährdung ausgesetzt zu sein, und das Ausmaß von deren Folgen. Risiko kann auch das Potenzial für nachteilige Auswirkungen von Anpassungs- oder Minderungsmaßnahmen als Reaktion auf den Klimawandel beschreiben.

Klimaresiliente Entwicklungspfade: Entwicklungsverläufe, welche die nachhaltige Entwicklung auf mehreren Ebenen und die Anstrengungen zur Armutsbeseitigung durch gerechte Übergänge bzw. Transformationen von Gesellschaften und Systemen stärken und gleichzeitig die Bedrohung durch den Klimawandel durch ehrgeizige Minderung, Anpassung und Klimaresilienz reduzieren.